Agence des Etats-Unis
pour le développement international

Lutte d'urgence contre les invasions transfrontalières de ravageurs en Afrique et en Asie

Evaluation environnementale programmatique révisée

Rapport principal

Ministère américain de l'Agriculture
Service d'inspection de la santé animale et végétale
Riverdale, Maryland
Novembre 2001

Agence des Etats-Unis

pour le développement international

Lutte d'urgence contre les invasions transfrontalières de ravageurs en Afrique et en Asie

Evaluation environnementale programmatique révisée

Rapport principal

Ministère américain de l'agriculture
Service d'inspection pour la santé animale et végétale
Riverdale, Maryland
Novembre 2001

Table des matières

Chapitre 1 Evaluations environnementales concernant les criquets, les sauterelles, les chenilles légionnaires et les rongeurs 1

1.1 Contexte 3
1.2 But et portée de la révision de la PEA 6

Chapitre 2 Lutte antiacridienne en Afrique et en Asie 7

2.1 Introduction 9

2.1.1. Biologie et distribution 9
2.1.2. Aspects économiques et pertes agricoles attribuées aux acridiens 12
2.1.3. Niveaux d'invasion 13
2.1.4. Seuils d'assistance de l'USAID 14
2.1.5. Niveau du désastre pour une participation de l'USAID 15

2.2 Lutte antiacridienne. 16

2.2.1 Intervention préventive.. 16

2.2.1.1 Brigades villageoises (VB) 17
2.2.1.2 Formation bilatérale 18
2.2.1.3 Formation régionale 18

2.2.2 Méthodes traditionnelles et culturales de lutte antiacridienne 20
2.2.3 Lutte antiacridienne biologique en Afrique 20
2.2.4 Lutte chimique 28

2.2.4.1 Pesticides 28
2.2.4.2 Phényle pyrazole – Fipronil 31

2.2.4.2.1 Mode d'action 31
2.2.4.2.2 Efficacité sur les acridiens 31
2.2.4.2.3 Devenir environnemental 32
2.2.4.2.4 Toxicité 33

2.2.4.3 Régulateurs de croissance des insectes – Diflubenzuron. 38

2.2.4.3.1 Mode d'action 38
2.2.4.3.2 Efficacité sur les acridiens 38
2.2.4.3.3. Devenir environnemental 39
2.2.4.3.4. Toxicité 40

2.2.5 Lutte intégrée contre les ravageurs (IPM) 41

2.2.5.1 Traitements RAAT 43

2.3 Stockage et élimination des pesticides 44

2.3.1 Contexte 45
2.3.2 Solutions de stockage et d'élimination 46

2.3.2.1 Transbordement et incinération en Europe 46
2.3.2.2 Incinération locale 46
2.3.2.3 Traitement chimique 47
2.3.2.4 Décharges doublées 47
2.3.2.5 Stockage à long terme contrôlé 48

2.4 Références 49
2.5 Appendices 56

Chapitre 3 Lutte contre la chenille légionnaire en Afrique 59

3.1 Introduction 61

3.1.1 Informations sur le contexte 61
3.1.2 Nature des dégâts causés par la chenille légionnaire 61
3.1.3 Participation de l'USAID 62
3.1.4 But 63

3.2 La chenille légionnaire 63

3.2.1 Biologie 63
3.2.2 Dynamique des populations 65
3.2.3 Distribution et écologie 66
3.2.4 Plantes hôtes 66
3.2.5 Dégâts causés par la chenille légionnaire 67

3.2.5.1 Cultures 67
3.2.5.2 Prairies/pâturages 68

3.2.6 Aspects économiques des invasions de chenilles légionnaires 70

3.3 Lutte contre la chenille légionnaire 70

3.3.1 Informations générales 70
3.3.2 Lutte stratégique 71

3.3.2.1 Prévisions 71
3.3.2.2 Critères de traitement 72
3.3.2.3 Méthodes culturales de lutte 73
3.3.2.4 Méthodes biologiques de lutte 73

3.3.3 Lutte d'urgence contre les invasions 75

3.3.31 Méthodes chimiques de lutte 75

3.3.4 Lutte intégrée contre la chenille légionnaire 79

3.4 Impacts sur l'environnement 79
3.5 Conclusions et recommandations 83
3.6 Références 105
3.7 Appendices 107

Chapitre 4 Lutte contre les rongeurs en Afrique et en Asie 109

4.1 Introduction et contexte 111

4.1.1 Introduction 111
4.1.2 Importance économique des ravageurs en Afrique et en Asie 112
4.1.3 Historique des initiatives et de la participation de l'USAID à la lutte contre les rongeurs 113

4.2 Infestations de rongeurs : passées, récentes et actuelles 115

4.2.1 Evaluation des infestations de rongeurs 115

4.3 Biologie des rongeurs ravageurs 117

4.3.1 Reproduction 117
4.3.2 Distribution, écologie et habitat des principales espèces de rongeurs 118
4.3.3 Les rongeurs d'Afrique 118

4.4 Alternatives et méthodes de lutte contre les rongeurs 120

4.4.1 Méthodes chimiques de lutte – Rodenticides et autres produits chimiques 120

4.4.1.1 Produits chimiques violents 121
4.4.1.2 Anticoagulants 124
4.4.1.3 Fumigènes 127

4.4.2 Méthodes mécaniques de lutte 129

4.4.2.1 Pièges 129

4.4.2.2 Appareils à ultrasons et électromagnétiques 130
4.4.2.3 Clôtures électriques 130
4.4.2.4 Fumigations et aspersions 130

4.4.3 Méthodes culturales de lutte 130
4.4.4 Méthodes biologiques de lutte 131
4.4.5 Lutte intégrée contre les rongeurs ravageurs 132

4.5 Impacts environnementaux des méthodes de lutte contre les rongeurs 132

4.5.1 Zones affectées par les rongeurs en Afrique et en Asi 132

4.5.2 Effets des méthodes chimiques de lutte sur les organismes non visés et sur l'environnement 133

4.5.2.1 Devenir environnemental 133
4.5.2.2 Questions liées à la santé et à la sécurité humaines 134

4.6 Conclusions et recommandations 135
4.7 Références 137
4.8 Appendices 139

Remerciements 141

Chapitre 1

Evaluations environnementales concernant les criquets, les sauterelles, la chenille légionnaire et les rongeurs

1.1 Contexte

Les invasions transfrontalières de ravageurs (ETOP) tels que le criquet, la sauterelle, la chenille légionnaire, le quéléa et les rongeurs, sont connus pour causer de sérieux dégâts aux récoltes et de considérables pertes économiques dans de nombreux pays. L'ampleur des dégâts et des pertes est plus significative dans les pays d'Afrique subsaharienne (SSA), où les capacités de suivi, de surveillance et de lutte sont plutôt limitées.

Les habitants du continent africain et du Moyen-Orient redoutent depuis des milliers d'années les dégâts dévastateurs que les ravageurs peuvent infliger aux cultures agricoles. Les stratégies de lutte contre les invasions d'acridiens (criquets/sauterelles (l/g)) et les stratégies de minimisation des dégâts agricoles dus à ces invasions sont presque aussi vieilles que ces craintes. La dernière invasion de criquets remonte à la période 1986-1989. Ces invasions d'acridiens ont touché plus de 25 pays d'Afrique, du Moyen-Orient et d'Asie. Les efforts entrepris pour lutter contre ces invasions et les dévastations qu'elles ont causées se sont traduits par l'utilisation de milliers de litres et de kilogrammes de pesticides chimiques de synthèse, pour traiter des millions d'hectares. Les invasions de 1986-1989 ont coûté, à elles seules, aux pays touchés et aux donateurs internationaux plus de 300 millions de dollars US. Le gouvernement américain a fourni plus de 20% de cette somme (63 millions de dollars) à 16 nations d'Afrique et à la République arabe du Yémen.

Un des soucis principaux de la campagne l/g de 1986-1989 concernait les effets néfastes des applications massives de pesticides sur l'environnement et sur la santé humaine. Pour décrire ces effets et anticiper de futures activités, l'Agence des Etats-Unis pour le développement international (USAID) a préparé une Evaluation environnementale programmatique (PEA) pour la lutte antiacridienne en Afrique et en Asie (TAMS, 1989). Cette PEA avait pour objectif :

(1) de décrire les impacts environnementaux de la campagne l/g de 1986-1989 et des campagnes à venir, en accordant une attention particulière à l'utilisation des pesticides ;
(2) d'évaluer les mesures alternatives possibles de lutte et les options d'atténuation qui permettraient de réduire les effets néfastes sur l'environnement ; et
(3) de fournir à l'USAID des recommandations programmatiques complètes pour garantir que les préoccupations environnementales des futurs programmes de lutte l/g seraient convenablement prises en compte.

De plus, la PEA tenait compte des composantes essentielles des procédures environnementales de l'USAID (22 CFR 216) et satisfaisait aux exigences légales et politiques applicables à tout projet d'aide aux opérations de lutte l/g, spécialement en ce qui concerne l'utilisation des pesticides. La PEA couvrait tout un éventail de questions et de sujets, dont la biologie et l'écologie des espèces de criquets et de sauterelles sélectionnées pour leur importance économique, diverses techniques de lutte et les implications et préoccupations environnementales concernant la santé et la sécurité humaines qui découlent de ces pratiques.

La PEA a joué un rôle important dans la protection de la sécurité humaine et de l'environnement dans les activités et projets soutenus par l'USAID. Les directives, les solutions alternatives et les mesures atténuantes contenues dans la PEA représentaient un grand pas en avant vers une utilisation plus judicieuse des pesticides et vers la protection de la santé humaine et de la sécurité environnementale dans les zones où les applications de pesticides sont nécessaires. Les informations – vastes et généralisées – de la PEA ont servi de fondement au développement de documents plus spécifiques tels que les Evaluations environnementales supplémentaires (SEA).

Depuis la publication de la PEA (en 1989), on a préparé une SEA qui fournissait des informations spécifiques sur les capacités de chaque pays d'accueil à suivre, surveiller, prévenir et lutter contre les invasions de l/g et qui décrivait le statut des règles et des régulations environnementales appropriées et pertinentes. Ces SEA ont été approuvées pour 19 pays d'Afrique, un pays du Moyen-Orient et deux pays d'Asie du sud-ouest. (Ces pays sont listés dans le tableau 1). Les SEA décrivent aussi les zones écologiquement vulnérables aux attaques des l/g et de la chenille légionnaire par rapport aux habitats protégés, à la biodiversité et aux agro-écosystèmes. La préparation des SEA est un moyen de se soumettre aux régulations environnementales de l'USAID (ex. : Régulation 216 (22 CFR 216)). Ces exigences ont pour but de garantir que tout impact environnemental néfaste d'une activité financée par l'USAID sera identifié et atténué – autant que faire se peut – avant la décision finale de financement et de mise en oeuvre. Les SEA remplissent aussi les conditions qui y sont contenues. Jusqu'ici, on a apporté six amendements à quatre de ces SEA, amendements qui présentent des informations sur de nouvelles approches de lutte l/g et qui analysent l'utilisation de pesticides qui n'avaient pas été examinés dans la PEA

Bien que les SEA contiennent plus d'informations spécifiques au site que la PEA, les détails et la somme des informations varient considérablement d'une SEA à l'autre. Pour certains pays, les SEA fournissent une description détaillée des environnements et des programmes l/g. Dans d'autres pays en voie de développement, les SEA indiquent qu'il y a des obstacles à la mise en oeuvre écologique des stratégies de lutte antiacridienne. Il ressort aussi des SEA qu'il nous reste beaucoup à apprendre sur l'environnement et la biologie sur le continent africain et au Moyen-Orient.

Tableau 1. Evaluations environnementales supplémentaires et amendements utilisés dans la révision de la PEA

Pays	Date de publication	Citation utilisée dans ce rapport
Algérie	janvier 1989	USAID, 1989
Botswana	octobre 1994	USAID, 1994a
Burkina Faso	avril 1991	USAID, 1991a
Cameroun	avril 1991	USAID, 1991b
Erythrée	mars 1993	USAID, 1993a
amendement	novembre 1993	USAID, 1994b
Ethiopie	juin 1993	USAID, 1993b
1er amendement	novembre 1993	USAID, 1994c
2ème amendement	novembre 1999	USAID, 1999
Gambie	novembre 1993	USAID, 1993c
Inde	novembre 1993	USAID, 1993d
Kenya	novembre 1993	USAID, 1993e
Madagascar	juillet 1992	USAID, 1992
1er amendement	août 1993	USAID, 1993f
2ème amendement	octobre 1995	USAID, 1995a
3ème amendement	septembre 1998	USAID, 1998
Malawi	juillet 1997	USAID, 1997a
Mali	mai 1991	USAID, 1991d
Mauritanie	mars 1995	USAID, 1995b
Maroc	avril 1988	USAID, 1988a
Mozambique	septembre 1993	USAID, 1993g
Namibie	août 1997	USAID, 1997b
Niger	juillet 1990	USAID, 1990a
amendement	janvier 1991	USAID, 1991e
Pakistan	août 1993	USAID, 1993h
Sénégal	mai 1991	USAID, 1991f
Somalie	novembre 1993	USAID, 1993i
Soudan	octobre 1990	USAID, 1990b
Tanzanie	octobre 1995	USAID, 1995c
Tchad	avril 1991	USAID, 1991c
Tunisie	décembre 1988	USAID, 1988b
Yémen	novembre 1993	USAID, 1993

1.2 But et portée de la révision de la PEA

Ce document met à jour la PEA l/g de 1989 et reflète les pratiques actuelles – les meilleures et les plus sûres – pour la lutte antiacridienne et la lutte d'urgence contre les autres invasions de ravageurs des cultures et des pâturages d'Afrique et d'Asie.

La partie de ce document qui a trait aux l/g s'appuie largement sur les informations contenues dans les SEA listées dans le tableau 1 et les informations tirées des ouvrages scientifiques et des rapports techniques publiés depuis 1989. Ces informations sont fournies pour guider le personnel technique et les décideurs dans leurs recherches, les nouvelles pratiques et les tactiques qui pourraient et devraient être adoptées pour améliorer les pratiques de lutte antiacridienne déjà existantes. Ce document présente aussi les stratégies et tactiques actuelles de la lutte antiacridienne en Afrique et au Proche-Orient et fournit des informations plus récentes sur des domaines tels que la formation, les agents de lutte biologique, les nouveaux produits chimiques et le développement de méthodes depuis la PEA de 1989. Les impacts environnementaux de ces stratégies sont discutés en détail et les nouveaux produits, y compris les pesticides et leurs techniques et technologies d'application, y sont examinés attentivement.

Cette révision de la PEA de 1989 a une portée plus limitée que le document original. Seules quelques-unes des questions, des sections et des recommandations de la PEA de 1989 nécessitaient une révision ; par exemple, des parties du document original telles que celle sur la biologie du criquet et de la sauterelle, les descriptions des écosystèmes africains et les mesures de protection sanitaire et de sécurité humaine sont résumées dans ce document mais la grande partie de ces informations reste pertinente et n'est donc pas répétée.

Les SEA par pays contiennent des informations suffisamment détaillées et fournissent une description adéquate des conditions environnementales du pays et de ses capacités de lutte antiacridienne, au moment de sa préparation et/ou dans les amendements subséquents. Les SEA d'origine et tout amendement adopté par la suite, sont listés en référence et peuvent être consultés. Nous tenons à souligner le caractère dynamique des SEA, qui demandent – au moment opportun et aussi souvent que cela est nécessaire – des révisions, des amendements et des mises à jour. Dans cette optique, sur les 19 SEA effectuées pour les pays d'Afrique subsaharienne, 9 ont été réalisées il y a presque 10 ans (davantage pour certaines). Aussi devront-elles être révisées et mises à jour pour refléter les réalités actuelles des pays pour lesquels elles ont été préparées.

Chapitre 2

Lutte antiacridienne en Afrique et en Asie

2.1 Introduction

Les criquets et les sauterelles (l/g) menacent la production agricole depuis que les humains ont des activités agricoles. Il y a plusieurs raisons au fait que les criquets et les sauterelles sont capables de dévaster la végétation et les cultures : les acridiens sont capables d'ingérer une variété importante d'aliments, chaque individu peut manger au quotidien la valeur de son propre poids et les l/g ont la capacité de former des essaims migrateurs incroyablement denses, contenant de 40 à 80 millions d'individus (Steedman, 1988).

La PEA de 1989 (TAMS, 1989), les différentes SEA (tableau 1) et les références suivantes ont été utilisées pour préparer cette section. Les informations sur la biologie et sur la distribution des espèces sont tirées de : Steedman (1988), *Locust/Grasshopper Management Operations Guidebook* (USAID, 1989), l'Institut Panos (1993) et un atlas du criquet pèlerin de Popov (FAO, 1997), qui contient des informations très détaillées et des cartes sur le criquet pèlerin. Les informations relatives aux pertes économiques et en récoltes proviennent des références suivantes : l'OTA (1990), l'Institut Panos (1993), plusieurs articles de Gangwere *et al.* (1997) et un rapport d'atelier FAO/EMPRES (FAO, 1997).

2.1.1 Biologie et distribution

Les criquets sont des types particuliers de sauterelles, dont la plupart appartient à la famille des Acrididae. En règle générale, les criquets sont plus grands que les sauterelles et peuvent changer d'habitudes et de comportement quand ils se retrouvent en grand nombre. La plupart du temps, les criquets restent dispersés et manifestent un comportement solitaire. Lors de cette phase solitaire, appelée "période de rémission", les criquets ne causent pas de ravages économiques. On appelle "invasion" ou "infestation", la phase durant laquelle on enregistre – dans une zone relativement localisée – un accroissement rapide des populations. Cependant, si le nombre de criquets continue à augmenter, que ces derniers deviennent plus grégaires, qu'ils se regroupent massivement ou en essaims et qu'ils migrent vers de nouvelles zones, cette invasion (ou infestation) est appelée "fléau". Ces essaims peuvent migrer sur des distances allant jusqu'à 1 000 km par semaine (Steedman, 1988).

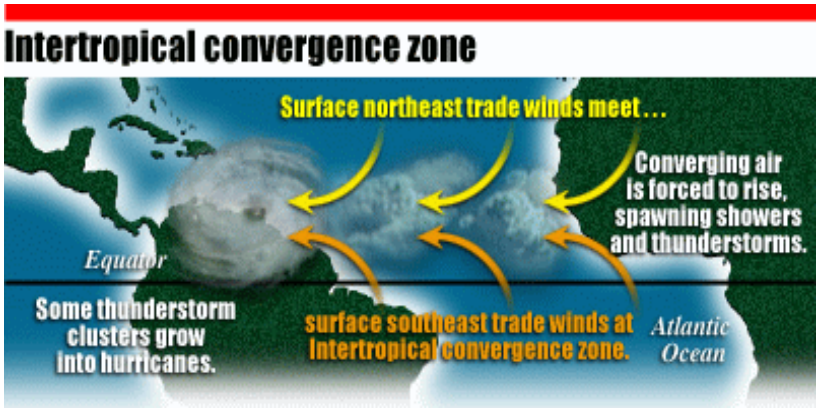
En Afrique, on recense environ 200 espèces de criquets/sauterelles.

Presque tout le continent africain, le Proche-Orient, l'Asie du sud-ouest, l'Europe du sud, certaines parties de la Russie, l'Amérique du nord et du sud et l'Australie sont l'objet d'invasions de différentes espèces l/g. En Afrique, les criquets se reproduisent généralement dans des régions reculées, loin des habitations humaines ou des champs de culture. Aussi est-il très difficile de lutter contre eux durant cette phase de développement. La pluie est associée au mouvement de la Zone de convergence intertropicale (ITCZ).

Cette bande climatique très instable peut engendrer des précipitations torrentielles localisées. De nombreuses plantes du Sahel ont des cycles de vie courts. Ce sont ces plantes qui profitent le plus de la courte saison des pluies. Les l/g en pleine croissance se nourrissent de cette végétation naturelle aussi bien que des cultures.

Les modèles migratoires des criquets sont affectés par les vents saisonniers dominants, par la topographie et les températures. Par exemple, on assiste à des modèles de déplacements importants en Afrique orientale, où la reproduction estivale du criquet pèlerin a lieu dans les plaines côtières de la Mer rouge, où les essaims se développent puis se déplacent vers l'ouest, au nord de l'ITCZ. La reproduction printanière du criquet pèlerin a lieu dans le nord-ouest de l'Afrique, d'où les essaims se dispersent vers le nord et vers le sud, vers les zones de reproduction d'hiver et d'été. Les zones de reproduction hivernale du criquet pèlerin sont situées surtout dans le nord-ouest africain, d'où les essaims se déplacent vers le nord et le sud.

En Afrique, on recense environ 200 espèces de criquets/sauterelles causant des ravages agricoles. Cependant, la plupart de ces dégâts agricoles sont dus à un nombre relativement petit d'espèces. Dans une zone donnée, on attribue généralement les invasions de criquets à une seule espèce alors que les invasions de sauterelles peuvent impliquer plusieurs espèces. Les dégâts causés par les l/g sont plus souvent localisés qu'étendus (comme les dégâts d'une tornade). Cela se vérifie particulièrement quand un essaim de criquets s'abat sur un champ. La plupart des sauterelles, même quand elles sont très nombreuses, ne se regroupent ni ne migrent comme le font les criquets. Les sauterelles ont tendance à se reproduire à proximité des cultures (ou dans celles-ci) et les dégâts causés aux cultures peuvent se produire, localement, presque chaque année. Les principales cultures menacées et les ravageurs l/g concernés, pour les pays pour lesquels une SEA a été rédigée, sont listés dans le tableau 2.


Intertropical convergence zone
Surface northeast trade winds meet…
Converging air is forced to rise, spawning showers and thunderstorms.
Equator
Some thunderstorm clusters grow into hurricanes.
surface southeast trade winds at Intertropical convergence zone.
Atlantic Ocean

Zone de convergence intertropicale (ITCZ).

Tableau 2. Principaux criquets/sauterelles ravageurs préoccupants et cultures menacées. Source : informations des SEA.

Pays	Principaux ravageurs	Principales cultures à risque
Algérie	criquet pèlerin	grains
Botswana	criquet migrateur africain, criquet rouge, criquet brun	sorgho, maïs
Burkina Faso	criquet pèlerin, criquet sénégalais, criquet puant	millet, sorgho
Cameroun	criquet pèlerin, criquet sénégalais, criquet puant	millet, sorgho
Erythrée	criquet pèlerin, criquet migrateur africain, criquet arboricole	céréales, légumineuses
Ethiopie	criquet pèlerin	millet, sorgho, maïs
Gambie	criquet pèlerin, criquet migrateur africain, criquet sénégalais	millet, sorgho, maïs
Inde	criquet pèlerin	prairies
Kenya	criquet pèlerin, criquet migrateur africain, criquet rouge	maïs, blé, millet
Madagascar	criquet migrateur africain, criquet nomade	riz, maïs
Malawi	criquet rouge, criquet migrateur africain	maïs, riz, sorgho, millet
Mali	criquet pèlerin, criquet migrateur africain, criquet sénégalais	millet, maïs
Mauritanie	criquet pèlerin, criquet migrateur africain, criquet sénégalais	sorgho, millet
Maroc	criquet pèlerin	grains
Mozambique	criquet migrateur africain, criquet rouge, criquet brun	riz, maïs, millet
Namibie	criquet rouge, criquet brun	maïs, millet, sorgho
Pakistan	criquet pèlerin	coton, riz, canne à sucre, fruits
Niger	criquet pèlerin, criquet migrateur africain	millet, sorgho, niébé
Sénégal	criquet sénégalais, criquet pèlerin	millet, sorgho
Somalie	criquet pèlerin, criquet migrateur africain, criquet arboricole	millet, sorgho, maïs
Soudan	criquet pèlerin, criquet arboricole	sorgho, gomme arabique
Tanzanie	criquet rouge	maïs, riz, sorgho
Tchad	criquet pèlerin, criquet migrateur africain, plusieurs espèces de sauterelles	millet, sorgho
Tunisie	criquet pèlerin	blé, orge
Yémen	criquet pèlerin	toutes les cultures sauf le café et les cactées

2.1.2 Aspects économiques et pertes agricoles attribuées aux acridiens

Alors que tous s'accordent à dire que les l/g représentent une menace pour les réserves alimentaires, surtout en Afrique et en Asie du Sud-Ouest, où des millions de gens sont déjà menacés par la famine et où toute perte de nourriture peut être critique, il n'existe pas de consensus sur le fait de savoir si la lutte l/g se justifie économiquement.

On a essayé à de nombreuses reprises de chiffrer les pertes totales en cultures et en végétation attribuées aux l/g, la valeur économique de ces cultures ainsi que les effets sociaux et politiques des pertes. Bien que les dégâts causés par les l/g puissent être intermittents et non uniformes, il suffit que les essaims de l/g "élisent domicile" quelque part pendant plusieurs jours pour qu'ils dévastent la végétation sur d'importantes zones. Pourtant, les calculs économiques concernant les pertes en récolte varient considérablement. Le manque de données fiables rend difficile la quantification des pertes économiques en cultures et pâturages. Par exemple, au Burkina Faso, les pertes en récoltes attribuées aux l/g varient de 1,5 à 20%, tandis que les pertes en prairies sont encore plus difficiles à évaluer étant donné que les impacts principaux concernent des animaux errants ou des brouteurs. Bien entendu, cela se traduira finalement par une augmentation du prix de ces animaux.

Les sauterelles peuvent causer de sérieux dégâts aux champs de maïs.

Certains experts pensent que les pertes agricoles dues aux l/g en Afrique ne sont qu'une petite partie d'un problème beaucoup plus important qui concerne les mauvaises herbes, les oiseaux et les insectes ravageurs autres que les l/g. De plus, une mauvaise commercialisation agricole ou de mauvaises habitudes de stockage peuvent aussi engendrer des pertes équivalentes aux pertes dues aux ravageurs. Bien qu'il soit difficile, voire impossible, d'en fournir des preuves concrètes, certains ont tendance à partir du principe que de laisser les invasions l/g perdre de leur intensité en attendant que les conditions climatiques leur soient défavorables est plus indiqué que d'essayer de lutter contre les invasions par des pesticides ou d'autres formes d'intervention humaine. Cependant, on ne peut considérer cela comme une solution viable pour protéger les champs en culture affectés par les acridiens, à cause de la contradiction inhérente aux principes de protection des cultures et au principe d'autonomie financière. Il est à noter que ce genre d'approche représente un sérieux problème en lui-même puisqu'il promeut et encourage le développement d'un comportement dépendant au sein des communautés agricoles. Le considérer comme une alternative, serait voué à l'échec, surtout pour une agence de développement telle que l'USAID.

L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO/EMPRESS 1997) a récemment organisé un atelier sur l'aspect économique de la lutte contre le criquet pèlerin. Cet atelier et le rapport ultérieur rédigé par Joffe (1997) ont permis de développer plusieurs recommandations et conclusions concernant la lutte l/g. Les participants avaient comme priorité la nécessité de mieux comprendre les avantages économiques, les coûts et les choix en matière de lutte.

Alors que les aspects économiques de la lutte antiacridienne ne sont pas encore bien définis, il est clair que, bien que les dégâts causés par les l/g puissent ne représenter qu'un pourcentage relativement faible de la production agricole totale d'un pays donné, les dégâts locaux subis par un agriculteur particulier ou par des communautés agricoles peuvent approcher un taux de dévastation de 100 %. Les impacts socio-économiques locaux des invasions l/g sont proportionnellement beaucoup plus sévères que les dégâts estimés à l'échelle nationale.

Pour ceux qui subissent des attaques de l/g, les dégâts sont loin de se résumer aux seules pertes de récoltes ou de prairies. Il se peut que les pertes dévastatrices de récoltes dues aux invasions de l/g, surtout après des années de sécheresse, contraignent des familles et même toute une communauté à abandonner l'exploitation et à migrer vers des villes du Sahel. Cela nuit au tissu social des zones rurales et crée des conditions propices à des conflits à propos des ressources.

Bien souvent, les pays tels que le Burkina Faso, l'Erythrée, etc, n'ont pas les moyens financiers d'acheter des grains ni de payer le transport des aides alimentaires offertes. De plus, le coût du transport des grains sur de grandes distances peut être supérieur à celui des actions de lutte antiacridienne. On ne peut pas aussi simplement remplacer les réserves de denrées produites localement dans le village par des vivres fournis par les donateurs.

2.1.3 Niveaux d'invasion

Les niveaux de population des criquets et des sauterelles connaissent des fluctuations. A des fins de planification de la lutte, les impacts sur les récoltes finales sont divisés en quatre niveaux d'invasion.

Le niveau 0 décrit la densité "normale" de l/g. Dans ce cas, la densité de l/g est en dessous du seuil d'intervention pour une espèce d'acridiens donnée. A ce niveau d'invasion, les pertes en récoltes sont mineures et localisées. Les agences gouvernementales locales sont capables de mener à bien les programmes de traitement nécessaires, sans l'aide des donateurs.

Le niveau I décrit une situation correspondant à un niveau de populations l/g qui nécessite une aide supplémentaire des donateurs pour éviter des pertes en récoltes. Dans ce cas, les densités des populations de ravageurs sont au niveau ou juste au-dessus du niveau du seuil d'intervention. Il se peut que les agences gouvernementales locales aient besoin d'aide pour couvrir les frais supplémentaires, dont les frais de matériel et d'équipement nécessaires pour faire baisser les niveaux des populations.

Le niveau II décrit des densités élevées de l/g, des individus étant présents en grande quantité dans les cultures et les pâturages. Dans ce cas, les densités l/g dépassent le niveau du seuil d'intervention. Il y a de fortes chances que les capacités de lutte des autorités locales soient dépassées. D'importantes pertes de récoltes sont probables si les donateurs ne fournissent pas une aide ou une assistance supplémentaire.

Le niveau III décrit une situation qui comporte des niveaux très élevés de population l/g sur des zones très étendues. Là encore, les densités dépassent le seuil d'intervention. Cette situation demande une aide et une intervention considérables de la part des donateurs pour éviter les invasions de l/g et des pertes substantielles de récoltes.

2.1.4 Seuil d'assistance de l'USAID

Les autorités de chaque pays qui demande l'assistance de l'USAID doivent maintenir un programme d'alerte permanent pour la lutte transfrontalière contre les ravageurs durant les périodes de répit ou périodes à niveau normal de ravageurs. Ce programme devrait comprendre les actions à fournir pour réduire les risques sanitaires, protéger les habitats écologiquement sensibles et minimiser l'application de pesticides grâce à l'utilisation de moyens de lutte culturaux, biologiques et traditionnels. Dans le but de prendre des décisions éclairées et efficaces qui permettent d'aider un pays touché à combattre les invasions de l/g, l'USAID examinera les conditions parasitaires et les capacités du pays à absorber l'assistance qui pourrait lui être fournie.

Si l'USAID choisit de participer à un programme d'aide, il est important que le soutien soit coordonné entre les donateurs et les autorités du pays receveur pour mettre en oeuvre un programme raisonnable et équilibré. L'aide apportée à un tel programme devrait accentuer les principes de la lutte intégrée contre les ravageurs (IPM) en faisant en sorte que toute les ressources disponibles pour la lutte soient considérées. Les pertes probables de récoltes et le problème conséquent de sécurité alimentaire seront des critères pour l'engagement de l'USAID dans les actions de lutte antiparasitaire. Cependant, on considérera également les politiques et les procédures adéquates qui garantissent la sécurité sanitaire et environnementale, le développement d'une infrastructure durable et le ratio coûts/avantages. La participation de l'USAID aux opérations d'urgence sera mûrement réfléchie dans le cadre d'un examen de ce que les bénéfices à long terme permettront d'accomplir de plus que la baisse de la population des insectes. Pour réduire la quantité de pesticides utilisés, l'USAID fournira tout d'abord son aide par un programme orienté vers un suivi et une surveillance efficaces, des procédures d'intervention précoces et l'utilisation de méthodes de lutte non chimiques.

Le niveau de la participation de l'USAID au programme de lutte antiacridienne ne devrait pas être seulement lié à l'ampleur et à la sévérité du problème mais aussi à la mesure dans laquelle une telle aide permettra une meilleure durabilité des programmes d'aide des pays en question. Le véritable niveau d'aide des interventions dépendra de nombreuses variables, dont la densité des insectes, les conditions des

cultures, la capacité de réponse du pays receveur, les conditions environnementales et les risques d'une invasion majeure. Il est fortement recommandé aux entités (locales ou nationales) de l'USAID de réclamer l'assistance technique de l'USAID/Washington pour procéder à ces déterminations.

Il faut minutieusement analyser les besoins avant de mettre en place l'assistance l/g. Dans l'évaluation des zones d'aide, l'USAID devrait non seulement répondre aux requêtes du pays receveur mais surtout déterminer les matériaux disponibles et ce que les autres programmes parrainés par des donateurs ont déjà prévu ou mis en place. On n'aidera pas un pays à lutter contre les acridiens en lui fournissant des pesticides en quantité excessive, du matériel inutile ou une formation inappropriée. De plus, un technicien qualifié devrait procéder à une vérification indépendante de l'identité, de la densité du ravageur et du potentiel des impacts, avant que les fonds ne soient confiés et répartis. A ce propos, l'agence nationale de l'USAID du pays concerné devrait demander l'assistance de l'USAID/W ou d'autres organisations régionales.

2.1.5 Niveau du désastre pour la participation de l'USAID

Dans le cas d'une invasion d'acridiens substantielle et étendue, il se peut qu'une opération à grande échelle soit la dernière solution pour protéger les cultures et réduire le niveau des populations de ravageurs. A une telle échelle d'intervention, les risques sanitaires et environnementaux seront élevés mais la perspective d'une perte substantielle de récoltes peut rendre inévitable une telle intervention.

Dans une situation nécessitant une intervention à grande échelle, on devrait prendre toutes les précautions possibles, tout en respectant l'ordre suivant dans la prise des décisions opérationnelles de lutte : (1) la protection des cultures, (2) la protection de l'environnement et (3) la réduction des populations de ravageurs. Cet ordre accorde la toute première priorité à la protection des récoltes et la dernière des priorités à la réduction des populations de ravageurs (quand la lutte vise essentiellement à réduire les populations futures d'une espèce de ravageurs, la réduction de la population de la génération actuelle n'est pas efficace).

Lors des opérations à grande échelle, il y a un risque d'augmentation des accidents, de la sur-utilisation des pesticides et de l'application de mauvaises préparations. Le phénomène est tout d'abord causé par l'usage beaucoup plus important de pesticides et par la pression due aux traitements de panique. La fonction la plus importante des autorités gouvernementales dans ces conditions est d'instituer une lutte locale plus importante (ex. : utilisation de brigades villageoises) et d'établir une bonne communication avec la population affectée. Le gouvernement devra décrire la nécessité des mesures d'urgence et garantir, dans toute la mesure du possible, la sécurité de la population et de l'environnement. Les opérations au sol, accompagnées de la formation appropriée relative à l'utilisation des pesticides et aux questions de sécurité, sont de loin préférables aux traitements massifs opérés par de gros avions. Les applications aériennes ne seront envisagées qu'en dernier ressort. Ce moyen de lutte n'est utilisé que quand tous les autres se sont révélés inefficaces ou quand l'ampleur de la menace dépasse la capacité de réponse du gouvernement par des opérations au sol.

2.2 Lutte antiacridienne

Une multitude d'organisations régionales sont engagées dans la lutte antiacridienne sur le continent africain. Il est important que ces organisations, mais aussi l'USAID, développent des mandats pour la lutte d'urgence contre les ravageurs. En plus de la PEA pour la lutte antiacridienne en Afrique et en Asie (TAMS, 1989) et des SEA (tableau 1), les références suivantes ont été utilisées pour préparer cette section. Les informations concernant les interventions préventives proviennent de différentes sources, dont Steedman (1998), *Locust/Grasshopper Management Operations Guide Book* (USAID,1989), OTA (1990), le dossier PANOS (Panos Institute,1993), Symmons (1992) et plusieurs articles tirés de rapports de conférence édités par Krall et al. (1997). La section lutte biologique a été développée grâce à l'utilisation d'une liste complète de références, dont les comptes-rendus ou les livres édités par Lomer et Prior (1992), Grangwere et al.(1997), Krall et al. (1997) et Goettel et Johnson (1997) ; les rapports de Belayneh et al. (1995), Swanson (1995) et Diepen (1999) ; et des ouvrages et revues scientifiques (ex. : Bomar et al.,1993). Parmi les sites Internet qui fournissent des informations récentes figure l'Institut international pour l'agriculture tropicale, à l'adresse électronique suivante : http://www.cgiar.org/iita/research/lubilosa/index2.htlm et le site Bioscience LUBILOSA à : http://ciba.org/BIOSCIENCE/LUBILOSA.html

2.2.1 Intervention préventive

Comme décrit dans les SEA spécifiques à chaque pays, la première ligne de défense de la lutte antiacridienne contre les invasions l/g devrait comprendre les interventions préventives. La prévision des zones de départ des invasions et le traitement de ces zones avant que les insectes n'atteignent des niveaux dévastateurs sont les meilleures pratiques. Cependant, malgré les meilleures mesures préventives, il se peut qu'on ait à faire face à des situations d'urgence (invasions). La position de l'USAID est de soutenir un usage judicieux des produits chimiques pour la lutte contre les ravageurs qui menacent les cultures vivrières. La lutte intégrée contre les ravageurs (IPM) est l'approche qu'on préférera adopter pour lutter contre les ravageurs. L'IPM n'est pas une alternative à l'usage de pesticides synthétiques, ni un moyen de compter exclusivement sur la lutte culturale ou biologique. C'est plutôt l'intégration de méthodes et un moyen de lutter contre les ravageurs qui peut permettre de réduire l'usage des pesticides en les utilisant plus judicieusement. L'IPM est discutée plus en profondeur dans les autres chapitres de ce rapport.

Il est essentiel d'avoir des informations exactes sur les lieux et les périodes de développement et d'augmentation des populations l/g et des lieux où les insectes passent de la phase solitaire à la phase grégaire. Pour certains criquets, tels que le criquet rouge et le criquet migrateur africain, seules de petites zones d'invasion bien définies sont à surveiller. Les zones d'invasion du criquet pèlerin ne sont pas si bien définies et la grégarisation peut se produire dans de nombreuses zones différentes de la partie centrale la plus aride. On utilise les données historiques pour développer des cartes très utiles des zones de reproduction et d'invasions du criquet pèlerin et d'autres l/g mais la quantité, la qualité et la fiabilité des

données utilisées pour dessiner les cartes sont sujettes à de considérables variations spatio-temporelles. On utilise aussi des technologies de télédétection pour les programmes de planification et de surveillance de la désertification, de la végétation, des caractéristiques de la surface au sol et d'autres indicateurs d'invasions l/g. L'imagerie satellite est avantageuse parce que les zones d'invasions l/g sont souvent éloignées et difficiles d'accès par la route ou peuvent être complètement inaccessibles par voie de terre. Les observations par satellite peuvent aider à surveiller le climat, principal facteur dans la prédiction des invasions l/g et peuvent être combinées à des cartes (indiquant les habitats de reproduction) qui permettront de déterminer le lieu et le moment où les criquets se reproduiront. Depuis quelque temps, on utilise et on continue à développer des cartes montrant des tâches vertes de végétation qui pourraient suggérer/situer des zones possibles de reproduction. Les technologies de télédétection qui sont en cours de développement comprennent l'utilisation de radars à vision verticale et les systèmes d'informations géographiques. Les avancées technologiques telles que les systèmes de positionnement global (GPS) fournissent les coordonnées précises des lieux et zones de reproduction et d'invasions l/g – informations essentielles pour planifier des opérations spécifiques de surveillance et de lutte.

De nombreux modèles mathématiques ont été développés pour prévoir la dynamique des populations l/g. Mais ils ont leurs limites : ils ne peuvent pas toujours être quantifiés, détaillés ou assez précis dans le temps pour être utilisables sur le terrain. Récemment, on a aussi développé des modèles pour les précipitations.

Une façon de rassembler des informations récentes sur les occurrences, les quantités et les mouvements des l/g est d'établir un système de rapport normalisé, basé au sol. Une surveillance appropriée donnera généralement assez de temps pour planifier une stratégie de lutte. Les opérations de surveillance permettront aussi de prévenir les autorités nationales, régionales et internationales si des ravageurs se reproduisent à un rythme plus rapide que prévu ou s'il y a une migration significative. La seconde ligne de défense est d'appliquer un traitement localisé par des applications au sol. Cette stratégie implique des mesures importantes en personnel pour pouvoir s'attaquer directement aux sites d'invasion durant les stades précoces du cycle de vie de l'insecte. Si la lutte stratégique s'avère fructueuse, on évitera les invasions de criquets et de sauterelles et on n'aura pas besoin de mesures d'urgence.

2.2.1.1 Brigades villageoises (BV)

Les activités et les programmes d'AELGA *(Africa Emergency Locust/Grasshopper Assistance*) [Aide d'urgence pour la lutte antiacridienne en Afrique] tels que les formations en trois phases, aident à renforcer les capacités des agriculteurs leaders qui peuvent avoir – et ont – un rôle clé dans les BV. Les agriculteurs et les villageois peuvent jouer un rôle majeur dans les interventions préventives. Les agriculteurs organisés en BV sont capables d'accomplir des activités telles que la surveillance, la communication des observations, la destruction des oothèques et la lutte contre les bandes de larves. Généralement, ces brigades se composent de 5 à 10 agriculteurs qui ont suivi une formation de plusieurs jours sur la lutte l/g et à qui on a remis une petite quantité de pesticides, une panoplie de vêtements protecteurs et l'équipement nécessaire à l'application. Les brigades villageoises sont tout d'abord responsables de la lutte l/g au niveau

du village, où, en plus de la prévention des invasions, les pulvérisations aériennes de pesticides ne seraient pas rentables.

Tant l'USAID que la FAO font appel aux BV depuis 1987 dans des zones d'Afrique où les invasions l/g sont endémiques mais le nombre des brigades villageoises varie considérablement selon les pays. Par exemple, dans certains pays d'Afrique tels que l'Ethiopie, la Gambie, le Mali, le Niger et le Tchad, le programme de BV est bien établi. Cependant, en Erythrée, en Somalie et dans d'autres pays, on n'a pas encore mis en place de système pour former des brigades villageoises.

Une formation et du matériel appropriés sont un aspect essentiel de la réussite des brigades villageoises. Quand une BV est formée, ses membres doivent recevoir des informations, du matériel, des fournitures et un soutien technique dans un laps de temps raisonnable pour réussir à protéger les cultures. Un groupe qui a reçu une formation est théoriquement capable de protéger les cultures sans autre ressource. Toutefois, les brigades perdent leur enthousiasme et leur savoir-faire si elles ne reçoivent pas de soutien.

2.2.1.2 Formation bilatérale

Un moyen essentiel d'établir des stratégies de lutte préventives et curatives, qui soient efficaces et saines, consiste à renforcer les capacités des régions et des pays hôtes. Ces formations sont une des façons d'y parvenir. A ce propos, l'AELGA fournit des formations dans des domaines variés de la lutte l/g. Ces formations s'adressent au personnel du pays hôte, au personnel régional, aussi bien qu'au personnel d'autres entités qui travaillent avec ces groupes, telles que les ONG, les OVP, ainsi qu'aux bénévoles du Corps de la paix américain**.** Les formations d'AELGA sont offertes à deux niveaux : spécifique au pays (bilatéral) et une formation plus technique au niveau régional (multilatéral).

Les formations spécifiques au pays sont conduites en trois étapes : (1) le personnel chargé de la protection des cultures, (2) les agents de développement et (3) les agriculteurs leaders. Les pays où les formations en trois étapes ont été conduites et/ou initiées sont l'Ethiopie et l'Erythrée, le Burkina Faso, la Mauritanie, le Mozambique, la Namibie, le Sénégal et la Tanzanie. Le Botswana, l'Ethiopie et l'Erythrée ont déjà terminé les trois étapes. Le Burkina Faso, la Mauritanie, le Mozambique, le Sénégal et la Tanzanie n'ont suivi que les phases une et deux. La troisième phase est planifiée pour ces pays.

2.2.1.3 Formation régionale

Les formations régionales/multilatérales d'AELGA sont spécialisées. Ces cours, très techniques, s'adressent aux scientifiques, aux chercheurs et au personnel technique senior des pays participants, des organisations régionales, des ONG/OVP et d'autres. Les formations visent à renforcer les capacités techniques des participants pour les aider à devenir des chercheurs et des techniciens capables qui, à leur tour, pourront former des cadres techniques et initier des activités similaires, comme la recherche et le développement, aussi bien que des programmes de formation dans leurs pays et régions respectifs.

Les formations régionales s'intéressent aux concepts, aux méthodologies, aux techniques et aux courants de pensée actuels des domaines spécifiques aux stratégies et tactiques de lutte d'urgence contre les l/g et les autres ravageurs. Les cours se concentrent sur la promotion des approches préventives de lutte antiacridienne en tant qu'alternative aux approches réactives coûteuses et écologiquement néfastes, bien que ces dernières soient utilisées depuis des décennies.

On a conduit des formations régionales sur la lutte biologique contre les l/g à Nairobi (Kenya), du 1er au 6 octobre 1995, à Gaborone (Botswana), entre le 28 avril et le 5 mai 1996 et à Cotonou (Bénin) du 1er au 6 mai 2001. Les pays représentés à ces sessions de formation sont listés dans le tableau 3.

Un cours régional similaire sur la lutte contre les rongeurs et d'autres ravageurs vertébrés a été conduit en collaboration avec l'université Kenyatta et l'Institut International pour la physiologie et l'écologie des insectes. Le cours a eu lieu du 22 au 28 septembre 1996 à Nairobi (Kenya). Vingt techniciens et chercheurs de haut niveau de neuf pays africains (le Botswana, l'Erythrée, l'Ethiopie, le Kenya, le Mozambique, la Namibie, le Soudan, la Zambie, et le Zimbabwe) ont participé à cette formation.

Tableau 3. Pays représentés aux sessions de formation régionale d'AELGA sur la lutte biologique

Nairobi, Kenya du 1 au 6 octobre 1995	**Gaborone, Botswana du 28 avril au 5 mai 1996**	**Cotonou, Bénin du 1 au 6 mai 2001**
Egypte	Afrique du Sud	Bénin
Erythrée	Botswana	Burkina Faso
Ethiopie	Madagascar	Cap Vert
Kenya	Malawi	Guinée Conakry
Ouganda	Mozambique	Mal
Soudan	Namibie	Mauritanie
Tanzanie	Swaziland	Niger
	Zambie	Sénégal
	Zimbabwe	

2.2.2 Méthodes traditionnelles et culturales de lutte antiacridienne

Traditionnellement, les agriculteurs utilisent toute une variété de méthodes pour combattre les essaims l/g et protéger les cultures. Le bruit, la fumée, les barrières, les tranchées creusées pour regrouper/piéger les bandes de sauterelles et le déterrement des oothèques sont autant de moyens utilisés par les agriculteurs. Au mieux, ces pratiques permettent d'amoindrir les dégâts causés aux récoltes et n'ont généralement pas d'effets à long terme sur les populations l/g. D'autres approches sont utilisées par les Sahéliens et d'autres agriculteurs d'Afrique pour la lutte l/g, dont la rotation des cultures intercalaires et la lutte contre les mauvaises herbes à l'intérieur et autour des champs.

2.2.3 Lutte antiacridienne biologique en Afrique

La lutte biologique ou l'utilisation d'ennemis naturels pour la réduction des ravageurs sont des composantes essentielles de l'IPM. La PEA l/g de 1989 fournit une liste d'ennemis naturels prédateurs/parasites/antagonistes des l/g identifiés dans le monde entier, y compris en Afrique. Cette liste comporte différentes familles d'insectes, de champignons pathogènes, de bactéries, de protozoaires, de virus, la rickettsie et de nombreux oiseaux. Les mammifères, les reptiles, les nématodes mermithidae et d'autres prédateurs arthropodes, tels que les arachnides, n'y sont pas inclus. Bien qu'il existe de nombreux ennemis naturels (tels que les espèces diptères à Madagascar) qui réduisent sans doute de façon significative les populations de criquets, de sauterelles et de criquets migrateurs ou le développement d'essaims de sauterelles qui se regroupent, il est difficile de mesurer leurs impacts bénéfiques en raison de la diversité des espèces, d'une surveillance inadéquate et du manque de ressources.

Cultures intercalaires légumes/maïs au Ghana.

L'utilisation d'agents biologiques classiques tels que les prédateurs, les parasites et les parasitoïdes dans la lutte contre les essaims de criquets migrateurs est contrecarrée par la nature nomade des essaims et le caractère envahissant de leurs populations massives. Un environnement stable dans le temps est nécessaire pour établir un équilibre entre les populations de prédateurs, les maladies et les parasites naturels d'un côté et les populations de ravageurs d'un autre. On peut, néanmoins, préserver les ennemis naturels des l/g par des modifications de l'habitat, de façon à améliorer leur efficacité dans la lutte contre les l/g (lutte par la préservation biologique). La présence de ravageurs naturels garantit presque toujours la présence naturelle des ennemis qui leur sont associés, ce qui contribue souvent à maintenir l'équilibre d'un écosystème donné. Ce phénomène présente donc une excellente opportunité de développer d'autres moyens plus sûrs de lutter contre les l/g. Le comportement migratoire des ravageurs est, pour eux, un moyen d'exploiter de nouvelles

ressources environnementales. C'est aussi leur moyen de défense contre les agents biologiques naturels de lutte, qui ne se trouvent pas en nombre suffisant dans un nouvel environnement pour pouvoir exterminer les espèces de ravageurs. De tels moyens biologiques de lutte conviennent donc mieux aux phases de rémission non migratoires, aux bandes de sauterelles immatures des zones de reproduction ou aux populations de sauterelles solitaires, principalement au stade nymphal, stade où elles ne volent pas et avant que les essaims ne se forment. Cependant, la plupart des mesures de lutte par des pesticides chimiques sont mises en oeuvre après l'apparition des essaims d'adultes.

Parmi les ennemis naturels identifiés jusqu'ici, seuls quelques-uns sont susceptibles de pouvoir être utilisés (développement quantitatif de leur population) de façon pratique comme agent biologique de lutte. Cette utilisation ou ce développement quantitatif – contrôlés par l'homme – devrait se faire de l'une des façons suivantes :

- ramassage des individus infectés ou parasités des espèces visées de ravageurs dans l'environnement dans lequel l'association ravageur/hôte se fait souvent ; on peut citer comme exemple type la collecte de la larve du Lépidoptère infectée par le virus polyédrique nucléaire qui permet de préparer une solution qu'on aspergera sur les cultures pour lutter contre cette même espèce de ravageurs ;

- production d'insectes hôtes en vue d'une infection *in vivo* par le biais de parasites, de pathogènes ou de prédateurs, suite au ramassage des agents biologiques de lutte pour les utiliser sur le terrain ;

- capture des prédateurs dans leur environnement naturel pour les relâcher par la suite dans les cultures à traiter ;

- production par fermentation (sur support artificiel) de micro-organismes facultatifs pathogènes pour les insectes, tels que le fongus, *Beauveria bassiana* et le *Metarhizium anhisopliae* ;

- production par culture de tissus ou de cellules de pathogènes stricts tels que les virus des insectes (pratique trop coûteuse à l'heure actuelle) ;

- diversification des habitats cultivés, grâce à l'utilisation de cultures pérennes ou multiples, dans le but de fournir des habitats stables qui permettront aux prédateurs, aux parasites et aux pathogènes d'établir un équilibre de contrôle avec les espèces de ravageurs ; et

- élevage de prédateurs et de parasites en colonies sur des produits alimentaires traités.

Le premier agent pathogène strict pour insecte à avoir été examiné dans la lutte contre le criquet et le criquet migrateur était certainement le parasite protozoaire strict ***Nosema locustae***. Il est enregistré par l'EPA sous l'appellation Nolo BB™ Concentrate, EPA Reg. No. 46149-1, et Nolo-Bait™, EPA Reg. No. 46149-2, tous les deux développés par M&R Durango, Inc., et Semaspore™ Bait, EPA Reg. No. 54735-5, de Bozeman Bio-Tech, Inc. On utilise le son de blé dans la préparation des appâts. Le *Nosema* peut infecter près de 58 espèces différentes de sauterelles mais le niveau d'infection varie selon les espèces. On doit réfrigérer les appâts à base de cet agent pathogène afin qu'ils conservent leur pouvoir infectieux. Lorsque la maladie apparaît, elle se développe lentement et ressemble à une maladie chronique naturelle qui cause jusqu'à presque 50% de mortalité au sein d'une population infectée. Les tests effectués sur le terrain en Afrique montrent que le *N. locustae* et le *Beauveria bassiana* n'ont pas réduit de façon significative les densités de sauterelles au Cap Vert et au Niger et que le *B. bassiana* a échoué au Mali. Il semble que le *N. locustae* n'ait pas été beaucoup testé sur le terrain en Afrique. Aussi, pourrait-il quand même avoir un certain potentiel pour les sauterelles des zones de début de développement ou des bandes de nymphes.

Criquets infectés par le *Nosema locustae*.

En raison de son mode d'action lent, de 25 à 30 jours sont nécessaires pour causer une certaine mortalité parmi les l/g traités. Le *N. locustae* convient mieux à la réduction à long terme des populations qu'à une lutte à court terme. Il est cependant possible de continuer de produire le *Nosema* (en le leur injectant/appliquant) pour lutter contre les sauterelles, à un niveau artisanal. Cela permettrait d'atteindre les objectifs suivants : équilibrer le prix de vente des produits, le stockage des produits/l'instabilité de transit ; améliorer les performances en infectant les sauterelles/criquets ; favoriser l'économie nationale et éviter les coûts d'expédition et de distribution. Cependant, cela ne garantit pas un potentiel de lutte viable dans les pays où l'on manque souvent du minimum en ressources techniques, matérielles et financières.

L'*Entomophaga grylli* est un champignon pathogène strict pour les insectes (il ne peut pas quitter son hôte ou se reproduire à l'extérieur) qui pourrait aussi être un candidat pour la lutte biologique par une collecte artisanale des sauterelles infectées dans les champs. Il faut ensuite les réduire en poudre, diluer le tout dans de l'eau, filtrer et procéder à la pulvérisation**.** Cependant, c'est un procédé qui demande des connaissances techniques et un soutien matériel pour se lancer dans des installations de production durables et sûres, même à un niveau artisanal.

Les virus entomopox de la sauterelle peuvent aussi être d'un certain intérêt pour la lutte biologique. Cependant, ils ne sont pas très virulents et affaiblissent l'hôte plus qu'ils ne le tuent. Ce sont aussi des agents pathogènes intracellulaires stricts qui ne peuvent être cultivés *in vitro*.

Le fongus facultatif pathogène *Bauveria bassiana* est un agent biologique de lutte d'un intérêt particulier. Il est enregistré par les services de l'EPA comme suit : Botanigard™ 22WP, EPA Reg. No. 65626-10, Mycotrol™ 22WP, EPA Reg. No. 65626-11, Mycotrol ES, EPA Reg. No. 65626-8, Mycotrol ES, EPA Reg. No. 65626-9, Mycotrol GH-OF pour les cultures, EPA Reg. No. 65626-2, Mycotrol WP insecticide biologique, EPA Reg. No. 65626-7, et Organigard™ suspension mycopesticide émulsifiable, EPA Reg. No. 65626-12 de chez Mycotech Corp. Les tests effectués sur le terrain des produits du *B. bassiana*, Fermone Naturalis™ L-225, EPA Reg. No. 53871-9, et Troy Boverin™, EPA Reg. No. 53871-8 de chez Troy BioSciences, Inc. ne se sont pas encore révélés complètement concluants. Il pourrait pourtant y avoir un potentiel de développement si on parvenait à isoler les champignons des sauterelles/criquets obtenus localement en Afrique pour faire des tests en laboratoire et une sélection des champignons les plus prometteurs, en vue d'une utilisation progressivement plus importante au niveau national, par fermentation en milieu solide sur un sous-produit du grain ou sur un support de culture. Les risques du *B. bassiansa* pour les humains et l'environnement ont été évalués lors des procédures EPA d'enregistrement et on a déterminé que les seules inquiétudes concernaient les insectes non visés, étant donné que le *B. bassiana* infecterait quelques 700 espèces d'insectes.

Le diflubenzuron, Dimilin™, inhibiteur de synthèse de la chitine, a été essayé en **combinaison avec le *B. bassiana*** pour déterminer s'il pouvait y avoir un effet synergique qui faciliterait la pénétration de l'épidermicule superficiel de l'insecte par l'appressorium (de l'hyphe) du fongus pour en augmenter le pouvoir infectieux. Les résultats, bien que prometteurs, ne sont pas définitifs. Certaines formules, composées essentiellement de matières végétales et de quelques huiles minérales, ont permis d'en augmenter l'efficacité.

Le ***Metarhizium anisopliae*** et le ***M. flavoviride*** sont d'autres champignons deutéromycètes facultatifs pathogènes pour les insectes, actuellement l'objet d'un intérêt particulier pour la lutte contre le criquet et la sauterelle en Afrique. Il n'y a actuellement pas de produit à base de *Metarhizium* spp. enregistré aux Etats-Unis par l'EPA et il n'y a donc pas d'évaluation des risques. Cependant, on sait que quelques personnes ayant travaillé avec le *Metarhizium* ont développé de sévères réactions allergiques. On sait aussi que ce fongus produit des peptides cycliques toxiques appelés "destruxines" qui pourraient représenter une inquiétude d'ordre toxicologique. Un article présenté lors d'une réunion de la *Society for Invertebrate Pathology* a rapporté une mortalité des rongeurs suite à une dose administrée par instillation intertrachéale. De plus, le *Metarhizium* pourrait infecter plusieurs sortes d'insectes et ses effets sur des organismes non visés pourraient donc être problématiques. Il faudrait donc résoudre ces difficultés pour obtenir un enregistrement auprès de l'USEPA. Quoi qu'il en soit, le *Metarhizium* a été commercialement développé par fermentation en milieu solide pour produire des spores fongiques (conidie). Il est utilisé comme biopesticide dans la lutte contre les criquets et les sauterelles migrateurs.Il faudrait donc résoudre ces problèmes pour obtenir un enregistrement auprès de l'EPA.

Quoi qu'il en soit, le *Metarhizium* a été commercialement développé par fermentation en milieu solide pour produire des spores fongiques (conidie). Il est utilisé comme biopesticide dans la lutte contre les criquets et les sauterelles migrateurs. Il est développé par LUBILOSA (Lutte Biologique contre les criquets et les sauteriaux), programme de collaboration entre le CABI Bioscience (CAB International, Ascot, UK), l'Institut international de l'agriculture tropicale (IITA) à Cotonou au Bénin, le Centre pour l'agro-hydro-météorologie (AGRHYMET), le CILSS (Niamey) et la GTZ [Agence de coopération technique], à Eschborn en Allemagne. L'USAID a aussi financé les phases initiales de ce programme. Les spores du *Metarhizium* (précédemment *flavoviride*) *anisopliae* var. *acridium* se présentent dans une préparation à base d'huile pour des applications – à très petite dose – au sol ou par voie aérienne. Deux préparations ont été développées : une préparation dispersible dans l'huile (OF) à diluer dans du fuel et une suspension dans l'huile (SU), appliquée pure. Ces produits ont une stabilité de stockage ou une durée de conservation limitées, surtout sous des températures tropicales. L'application se fait de façon conventionnelle, au sol, ou avec un équipement aérien.

Criquet infecté par le Metarhizium.

Ce produit a été enregistré en Afrique du Sud en 1998 sous l'appellation commerciale *Green Muscle*™ et devait être disponible à la vente en 1999. Deux entreprises ont commencé la production du *Metarhizium* : la *Biological Control Produits* (BCP) d'Afrique du sud et la *Natural Plant Protection* (NPP), à Nogueres, en France. Le programme fournira un soutien technique pour la production et l'utilisation du *Metarhizium* et insistera sur sa promotion auprès des agences de donateurs pour garantir l'achat du produit comme alternative aux produits chimiques. L'enregistrement du *Green Muscle* au Japon est prévu pour permettre les achats de KR2, qui représente 50% des acridicides utilisés en Afrique. On s'attend à ce que les marchés de *Green Muscle* s'établissent dans trois régions : la lutte contre le criquet brun en Afrique australe, la lutte contre le criquet pèlerin dans le programme EMPRES de la FAO et la lutte contre la sauterelle en Afrique de l'Ouest.

Ce fongus a un mode d'action plus lent que les pesticides chimiques mais la réduction du risque de toxicité est un avantage. D'après les essais réalisés sur le terrain, on a enregistré une mortalité à peu près 10 jours après l'application et les sauterelles ont continué de mourir jusqu'à la fin de la saison, alors que la lutte par le fenitrothion a commencé à perdre de son efficacité après environ 10 à 14 jours. Les essais de dosage de LUBILOSA, au Mali, en 1998, ont indiqué que 50g de spores par hectare permettaient un niveau de lutte adéquat, pour un prix approximatif de 11 à 21 dollars US/ha, ce qui est considérablement plus élevé que les insecticides chimiques. Le "Mermelbat" ou "mini-Mermelbat", outil de ramassage des moisissures Mycoharvester, utilisé pour séparer la conidie et les spores de la fermentation sur support solide est disponible pour environ 6 500 dollars US. Bien que le développement commercial du *Metarhizium* soit prometteur, la stabilité du produit, son coût et ses performances doivent probablement être améliorés pour qu'il soit compétitif avec les insecticides chimiques. La réduction apparente des risques du *Metarhizium*

pour l'homme et l'environnement sont d'un avantage certain mais l'enregistrement auprès de l'EPA serait un atout pour la validation de ce fait.

Le projet de la MSU concernant la lutte antiacridienne biologique en Afrique

L'université d'Etat du Montana (MSU) a aussi mené des études parallèles, en collaboration avec la *Mycotec Corporation*, une entreprise privée basée dans le Montana, à Butte, spécialisée dans la production de biopesticides. L'aide financière nécessaire à ces études a été fournie par le Bureau de l'USAID pour l'Afrique (Washington). Les missions sur le terrain à Madagascar et au Mali ont été financées par des subventions pour la recherche. Ces programmes de recherche, réalisés entre 1989 et 2002, ont été menés à bien par la MSU et ses collaborateurs (dont des entités des pays hôtes) et ont produit un certain nombre de résultats intéressants. A Madagascar, la MSU a isolé plus de 39 fongus et différentes souches de protozoaires qui avaient été collectés sur des cadavres de criquets, sur le sol et la végétation. Des études plus détaillées comprenant la caractérisation, les essais biologiques, la toxicologie et les impacts sur les espèces non visées ont été conduites sur un petit nombre de souches sélectionnées de *Metarhizium et Bauveria*. La souche de Metarhizium la plus prometteuse a été davantage développée, jusqu'à avoir une unité de production de la taille d'un laboratoire à Madagascar.

Le projet de recherche VPI & SU sur les pesticides l/g biologiques

Le 1er octobre 1997, à la suite d'un appel d'offres, le Bureau de l'USAID pour l'Afrique a récompensé l'Institut polytechnique de Virginie et l'université d'Etat de Virginie par une subvention de recherche de 2 millions de dollars US sur une durée de cinq ans. Cela a permis de bâtir sur les investissements antérieurs que l'USAID et d'autres donateurs avaient faits pour développer les pesticides biologiques pour la lutte antiacridienne en Afrique subsaharienne. L'USAID fait cet investissement pour encourager la création de produits écologiques ayant d'importantes capacités à cibler les ravageurs et ayant peu d'effets sur les autres organismes. A la différence des pratiques traditionnelles de lutte antiacridienne, qui s'appuient presque toujours sur une application massive de pesticides synthétiques chimiques, l'adoption de biopesticides aidera à réduire la menace que représentent les pesticides synthétiques pour la sécurité et le bien-être des humains, des organismes non ciblés et de l'environnement. Le projet de recherche et développement de biopesticides l/g financé par le bureau de l'USAID pour l'Afrique et géré par le VPI & SU est réalisé par un consortium d'entités régionales, nationales, et internationales :

- l'Organisation Est-africaine pour la lutte contre le criquet pèlerin (DLCO/EA) (Quartiers généraux à Addis Ababa, en Ethiopie)

- le CERES-Locustox – Sénégal (laboratoire d'écotoxicologie)

- le Centre international de recherche sur la physiologie des insectes et l'écologie (ICIPE) – Nairobi, au Kenya

- la Direction de protection des récoltes du Sénégal (DPR)

- l'Unité de lutte biologique de l'Institut national pour la recherche agronomique (INRA) – Montpellier, France

- le Laboratoire européen pour la lutte biologique du Département américain de l'agriculture (EBCL) – Montpellier, France

- la Plate-forme de développement biotechnologique de l'INRA – Dijon, France

- la Coopérative agricole de développement international/volontaires dans l'aide coopérative outre-mer (ACDI/VOCA) – ONG basée à Washington, D.C.

Les principales réalisations du projet sont, à ce jour :

- l'établissement d'un centre africain complètement opérationnel de matériel génétique à l'ICIPE, à Nairobi (Kenya) pour les agents pathogènes autorisés par le gouvernement du Kenya dans la lutte contre les insectes,

- la formulation et l'adoption des premières et seules directives d'enregistrement des biopesticides dans neuf pays d'Afrique de l'Ouest, en collaboration avec le Comité du Sahel pour les pesticides (CSP) du CILSS,

- la promotion et l'initiation de discussions régionales pour le développement et l'harmonisation des directives sur les biopesticides en Afrique de l'Est et dans la Corne de l'Afrique,

- l'établissement des premiers laboratoires opérationnels sur les agents pathogènes pour la lutte contre les insectes en Ethiopie et au Sénégal,

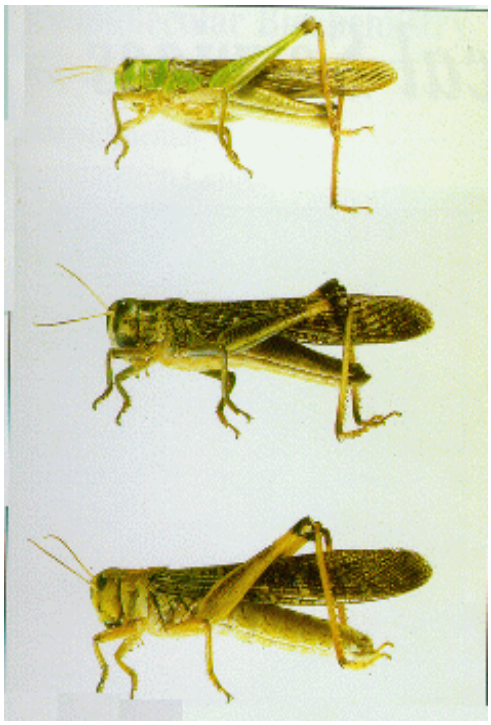
- le développement d'une nouvelle technique de préparation pour renforcer sensiblement la capacité des agents biologiques de lutte à résister aux rayons ultraviolets.

A l'heure actuelle, le projet se prépare à tester sur le terrain, en Afrique de l'Est, des fongus isolés ayant démontré leur efficacité contre le criquet pèlerin. En septembre 2001, une étude sera réalisée à Madagascar pour concevoir un plan commercial et des installations pour produire en masse un biopesticide fongique local pour lutter contre les criquets migrateurs. A l'origine, ce fongus a été isolé et testé grâce à

l'aide que l'USAID a fournie à l'université d'Etat du Montana et grâce à la Direction pour la protection des plantes de Madagascar.

Phéromones

Les phéromones (produit chimique ou sécrétion externe produite par un organisme, qui stimule une réponse physiologique ou comportementale chez un autre membre de la même espèce ; pour attirer ou communiquer avec le sexe opposé) représentent un certain potentiel pour lutter contre le développement et la migration des populations de criquets et de sauterelles et peuvent aussi être utiles pour interrompre l'accouplement par des applications massives. Cependant, on a fait peu de recherches sur les phéromones des sauterelles par rapport à celles de la Lépidoptère, ce qui laisse ce moyen de lutte biologique pratiquement inexploré. Parmi les études portant sur les phéromones l/g et les substances chimiques favorisant l'agrégation figurent celles effectuées par le Centre international de recherche sur la physiologie des insectes et l'écologie (ICIPE). L'ICIPE conduit des recherches sur le système de communication chimique du criquet pèlerin et son rôle dans le contrôle du passage de la phase solitaire à la phase grégaire d'individus formant des bandes de sauteurs et des essaims. On a découvert que les insectes adultes utilisent une communication chimique (phéromone) pour s'agréger/se grégariser différente de celle qu'utilisent les nymphes/sauteurs (jeunes insectes dont les ailes ne sont pas encore complètement développées).



Polymorphisme phasaire du criquet migrateur.

Le principal constituant de la phéromone d'agrégation/de grégarisation est le phénylacétonitrile (PAN). C'est un produit chimique bon marché qui est produit industriellement. Quand on vaporise la phéromone de grégarisation des adultes, le PAN, sur des sauteurs grégarisés – cible principale des programmes de lutte contre le criquet – les sauteurs sont désorientés, se désagrégarisent et meurent. Après ces résultats, l'ICIPE a continué ses programmes de recherche pour tester les possibilités d'utilisation du PAN dans la lutte contre les criquets. En raison de sa spécificité envers les criquets pèlerins et de son mode d'action non toxique, il serait un atout utile dans l'arsenal des produits pour la lutte contre les ravageurs. Le programme de lutte biologique financé par le Bureau pour l'Afrique et géré par le VPI & SU apporte aussi son soutien à la recherche que l'ICIPE mène dans ce domaine. L'ICIPE teste des combinaisons d'agents pathogènes

pour les criquets et de PAN, pour leurs effets synergiques. Cela devrait permettre de diminuer le temps nécessaire pour tuer les criquets avec l'agent pathogène seul.

2.2.4 Lutte chimique

En plus de la PEA de 1989 (TAMS, 1989) et des SEA postérieures (tableau 1), les références suivantes ont été utilisées pour préparer cette section : Knausenberger *et al.* (1996) et Louis Berger et Associates (1991), pour les politiques de l'USAID. Les informations sur le fipronil proviennent principalement des EPA (1996, 1998, et 1999) mais aussi de Cole *et al.* (1993, 1995), Colliot (1992), Moffat (1993), Royal Society of Chemistry (1993) et du troisième amendement à la SEA pour la lutte contre le criquet à Madagascar, pour une éventuelle utilisation du fipronil à Madagascar (USAID, 1998). Pour la section sur le diflubenzuron, les principales références utilisées pour ce rapport sont Eisler (2000), USDA/APHIS (1995) et le premier amendement à la SEA pour la lutte contre le criquet à Madagascar, pour introduire l'usage éventuel des régulateurs de croissance des insectes pour la lutte contre le criquet à Madagascar (USAID, 1993).

2.2.4.1 Pesticides

Pour différentes raisons, on ne peut pas toujours prévoir les invasions. Parmi celles-ci figurent le caractère imprévisible du temps, les conflits et les guerres civiles, le manque de communication entre les pays et l'incapacité à surveiller et à conduire des activités localisées de lutte dans les régions vastes, éloignées et souvent inaccessibles, où les l/g se reproduisent et se développent. Etant donné que les invasions ont de fortes chances d'être récurrents, au moins de façon intermittente, les activités de réponse d'urgence ayant pour but de protéger la production agricole et les pâturages seront toujours nécessaires. Malgré les efforts des agriculteurs et d'autres personnes pour prévenir les invasions de criquets par de nombreux moyens, les pesticides restent le moyen le plus utilisé pour traiter rapidement et efficacement les invasions.

La politique environnementale de l'USAID exige que tout projet soutenu par l'USAID qui pourrait impliquer l'approvisionnement ou l'utilisation de pesticides soit fait en accord avec les Procédures environnementales de l'USAID pour l'aide à l'étranger, 22 CFR Part 216, section 3(b), aussi connue sous le nom " Rég. 216". La section 3(b) insiste tout spécialement sur l'importance de minimiser tout impact prévisible nuisible – à l'homme ou à l'environnement – d'un produit donné.

En plein air : des conteneurs de pesticide rouillés – dangereux pour l'homme et pour l'environnement.

La PEA de 1989 contenait une liste des pesticides antiacridiens approuvés par l'USAID. La liste a été mise à jour en mars 1993

par l'AFR/ONI (Bureau pour l'Afrique, Cellules pour les opérations et les nouvelles initiatives et l'AFR/ARTS (Bureau pour l'Afrique, Agriculture, recherche et soutien technique), avec l'aide du Bureau pour l'Asie et le Bureau pour le Proche-Orient. La liste fournissait un listing alphabétique de neuf pesticides largement utilisés contre les l/g. Les pesticides avaient été sélectionnés en fonction des informations disponibles relatives aux questions de sécurité humaine et environnementale, les organismes non visés et utiles, leur niveau de persistance et leur accumulation biologique, les statuts d'enregistrement et les modes d'emploi.

La liste de 1993 ne comprenait pas les régulateurs de croissance des insectes (IGR), les agents spécifiques de lutte biologique, ni le pesticide fipronil. Avant que ces produits chimiques ou les agents de bio-lutte ne puissent être utilisés dans les programmes l/g de l'USAID à Magdagascar, la SEA de Madagascar a été amendée trois fois ; initialement pour inclure les IGR, puis pour permettre des expériences à grande échelle sur le terrain et l'utilisation du fongus entomopathogénique dans la lutte contre le criquet et, finalement, pour inclure le fipronil comme insecticide potentiel pour combattre le criquet.

Application de pesticides
à des fins agricoles.

Ce document fournit des informations sur les IGR, l'insecticide fipronil et les agents biologiques de lutte qui n'étaient pas abordés dans la PEA, mais dont on peut envisager l'utilisation dans les activités de lutte l/g parrainées par l'USAID. Pour chaque produit, le mode d'action et le mode d'emploi seront présentés, sans oublier les informations concernant les impacts potentiels sur les humains, sur les organismes non visés et sur l'environnement. Des mesures adéquates d'atténuation sont listées et discutées.

Le tableau 4 fournit des informations sur les statuts d'enregistrement actuels, les éventuelles restrictions d'utilisation de ces pesticides et leur cause.

Tableau 4. Pesticides envisagés par l'USAID pour la lutte antiacridienne

Pesticide	Composant actif enregistré	Enregistré pour la lutte antiacridienne	Classé à usage restreint	Cause de la restriction
Acephate	oui	oui	non	—
Beauveria bassiana	oui	oui*	non	—
Bendiocarb	oui	non	oui (granulés et poudres mouillables)	Toxicité pour les espèces aquatiques et aviaires
Carbaryl	oui	oui	non	—
Chlorpyrifos**	oui	oui	oui (concentrés émulsifiables)	Toxicité pour les espèces aquatiques et aviaires
Diazinon	oui	oui	oui (granulés, concentrés émulsifiables et poudres mouillables)	Toxicité pour les espèces aquatiques et aviaires
Diflubenzuron (Dimilin)	oui	oui	oui (poudres mouillables)	Dangereux pour la faune
Fenitrothion	oui	non	oui (concentrés émulsifiables, concentrés solubles, liquides)	Effets potentiels adverses sur les espèces aquatiques et aviaires
Fipronil	oui	non	non	—
Hexaflumuron	oui	non	non	—
Lambda-cyhalothrin	oui	oui	oui (sous toutes ses formes)	Toxicité pour les poissons et les invertébrés aquatiques
Malathion	oui	oui	non	—
Metarhizium	oui	non	non	—
Tralomethrin	oui	oui	oui (sous toutes ses formes)	Toxicité pour les organismes aquatiques
Triflumuron	non	non	—	—

* Le Beauveria bassiana ATCC 74040 et le Beauveria bassiana GHA sont enregistrés pour la lutte antiacridienne ; le Beauveria bassiana strain ESC 170 n'est pas enregistré pour la lutte antiacridienne.

** De nombreux usages du chlorpyrifos sont maintenant interdits par la révision de la FQPA. On ne peut dire clairement si leur utilisation contre les sauterelles/criquets demeura possible après les annulations de la fin de l'an 2000.

2.2.4.2 Le phényl pyrazole – Fipronil

Le fipronil est un pesticide à sceptre large, à base de phényl pyrazole, qui agit par contact et par ingestion, bien que l'effet par ingestion soit beaucoup plus puissant que par contact. Développé par Rhône-Poulenc entre 1985 et 1987, le fipronil est enregistré pour une utilisation contre de nombreux insectes du sol et insectes foliaires sur une grande variété de cultures et de peuplements. Les préparations contenant du fipronil sont des concentrés en suspension et des granulés.

2.2.4.2.1 Mode d'action

Le fipronil est un poison à large spectre, qui agit sur l'estomac ou par contact. Son action pesticide est beaucoup plus puissante sur l'estomac que par contact direct. Le mode d'action toxique du fipronil est son pouvoir inhibiteur du canal chlore régulé par l'acide gamma-amino-butyrique (GABA). Ce mode d'action toxique est propre aux pesticides à base de pyrazole et diffère des mécanismes des pesticides plus anciens et plus couramment utilisés. On ne s'attend pas à de la résistance au fipronil ni à de la résistance croisée avec les autres pesticides, en raison de son nouveau mode d'action. Le GABA régule le flux de chlore dans les membranes nerveuses qui sont touchées par le fipronil. Le fipronil a une bien plus grande spécificité vis-à-vis des récepteurs GABA des insectes que vis-à-vis de ceux des mammifères. C'est pourquoi sa toxicité est bien plus faible pour les mammifères que pour les insectes. Les effets du fipronil sont plus importants sur les criquets, les sauterelles et les autres invertébrés qui possèdent un canal chlore similaire

2.2.4.2.2 Efficacité sur les acridiens

Le fipronil est efficace contre les acridiens à l'état adulte et à l'état de nymphe, par contact direct et quand il est ingéré par les l/g qui se nourrissent de la végétation traitée. L'action par contact est plus efficace sur les insectes possédant un tégument fin que sur ceux ayant un exosquelette épais. La mortalité des l/g due au fipronil dépend de la quantité de produit toxique utilisée et de la durée de l'exposition. Par exemple, des doses plus faibles peuvent garantir une mortalité acceptable si on prévoit un temps d'exposition plus long. D'après les résultats de tests très complets réalisés sur le terrain, les taux d'application de 2 à 5 g de matière active/ha pour des traitements de couverture et de 7,5 à 12 g de matière active/ha pour des traitements "barrière" sont efficaces à tous les stades de croissance des l/g. Ces taux sont plus faibles que les taux recommandés pour d'autres pesticides utilisés pour le même usage. On a obtenu des résultats satisfaisants contre les sauterelles en pulvérisation pour une couverture totale (traitements de couverture) et pour les traitements à quantité-surface réduite (RAAT), traitements qui seront discutés en détail dans les autres chapitres de la PEA.

2.2.4.2.3 Devenir environnemental

a. Air

La volatilité du fipronil est faible et ses résidus ne devraient pas s'accumuler dans l'air. Il subit rapidement une photodégradation et sa concentration dans l'air diminue rapidement après les applications contre les sauterelles. Le principal produit de la photodégradation du fipronil est le : 5-amino-1-[2,6-dichloro-4-trifluoromethyl)phenyl]-4-[(1R,S)-(trifluoromethyl)]-1H-pyrazole-3-carbonitrile.

b. Sol

La persistance du fipronil dans le sol varie en fonction du type de sol, de son humidité, de sa température, de son pH, de la lumière, des matières organiques qu'il contient, de la concentration chimique et de l'activité microbienne. En milieu aérobie (avec de l'oxygène), le fipronil se dégrade lentement par des phénomènes d'oxydation, de réduction et des phénomènes hydrolytiques. Sa demi-vie dans le sol a été déterminée entre 51 et 109 jours. En raison de leur grande affinité pour les particules du sol, la plupart des résidus sont contenus dans les 10 à 12 premiers centimètres (moins de 6 pouces) de la couche supérieure du sol. C'est pourquoi, l'infiltration dans les eaux souterraines est quasi nulle.

c. Eau

Le fipronil a peu de chances d'atteindre la nappe phréatique (par infiltration) en raison de sa faible solubilité dans l'eau et de sa forte capacité d'adsorption par les matières organiques. La seule voie d'accès aux habitats aquatiques qu'on ait pu établir est l'application directe (comme dans une rizière) ou en cas d'utilisation pour combattre les vecteurs ou encore comme résultat de la dérivation d'une pulvérisation.

On a conduit des études en laboratoire pour évaluer la dégradation du fipronil dans les environnements aquatiques, aussi bien en milieu aérobie qu'anaérobie. Les résultats ont montré que les résidus de fipronil se déplacent rapidement de l'eau vers les sédiments, plus de 95% des résidus se trouvant dans ou sur les sédiments une semaine après l'application. De tels mouvements étaient un peu plus lents en milieu anaérobie. Dans des conditions aérobies, la demi-vie du fipronil était de 15 jours. Dans des conditions anaérobies, le fipronil se dégrade beaucoup plus lentement, avec une demi-vie de 116 à 130 jours, résultant en deux métabolites principaux : le MB 45950 (réduction, dans le sol) et le RPA 20076 (hydrolyse, dans le sol et l'eau).

d. Plantes

Le fipronil est un pesticide assez persistant ; on a déterminé une demi-vie de 3 à 7 mois sur les surfaces traitées, selon le substrat et l'habitat dans lequel il est appliqué. Les résidus de fipronil se retrouvent sur les plantes 3 semaines après l'application du pesticide au dosage recommandé, bien que les taux de résidus sur les cultures vivrières soient généralement très bas, souvent en dessous des limites acceptables. La

présence de fipronil sur la végétation sur une période prolongée procure une protection contre les ravageurs, dont les l/g. Il subit une translocation faible ou nulle des plantes dans les zones traitées.

e. Animaux

Le fipronil ne persiste pas dans le corps des mammifères. Les mammifères éliminent facilement le fipronil inchangé dans les matières fécales. Le fipronil a tendance à se concentrer biologiquement chez les poissons et à s'accumuler biologiquement chez les prédateurs et les oiseaux de proie. Le potentiel de bioconcentration est plus important parmi les espèces marines que parmi les espèces d'eau douce. Le haut coefficient de partage eau-octanol indique la probabilité d'une forte adhérence aux matières organiques et un potentiel de concentration dans les tissus adipeux.

f. Résumé du devenir environnemental

Le fipronil a une durée de vie courte dans la plupart des endroits où l'on prévoit de faire des applications. Le fipronil est de faible volatilité et ne devrait pas s'évaporer des surfaces traitées. Il est modérément persistant en milieu oxique et minéral . Toutefois, ses métabolites sont persistants dans le sol et les environnements aquatiques. Il est possible que des résidus de ces produits persistent d'une saison à l'autre. La lumière naturelle augmente le taux de photodégradation, ce qui affecte aussi sa dissipation dans l'eau avec les micro-organismes et sa fixation dans le sol. Aucune étude n'a rapporté de cas d'écoulement de fipronil mais des études portant sur le devenir environnemental indiquent que cela pourrait contribuer à sa dissipation du site d'application. La demi-vie du fipronil dans le sol va de 51 à 109 jours. Le fipronil ne devrait pas s'écouler dans la nappe phréatique et devrait rapidement se fixer sur les matières organiques dans l'eau et sur les plantes, où il se dégrade rapidement, ayant normalement une demi-vie de quelques jours à quelques semaines. Il résulte de sa forte adhérence aux matières organiques et aux particules du sol que le fipronil ne devrait pas se transloquer du sol dans les racines et les feuilles. Le fipronil ne persiste pas dans le corps des mammifères mais la bioaccumulation est possible chez les prédateurs et les oiseaux de proie.

2.2.4.2.4 Toxicité

a. Sur les mammifères

Le fipronil est un puissant inhibiteur du canal chlore. Il est plus efficace sur les récepteurs GABA des insectes que sur ceux des mammifères. A la différence des OP et des pesticides carbamates, il n'affecte pas l'enzyme cholinestérase et n'interfère pas avec la régulation d'acétylcholine. Le fipronil est d'une toxicité orale modérément forte pour les mammifères. La dose létale médiane d'irradiation orale aiguë de fipronil a été déterminée à 100 mg/kg de poids de corps pour les rats.

La dose létale médiane d'irradiation dermique aiguë de fipronil pour les rats dépasse les 2 000 mg/kg de poids de corps. La dose médiane d'irradiation dermique aiguë létale de fipronil pour les lapins est de 354 mg/kg. La concentration létale médiane d'irradiation aiguë par inhalation de fipronil pour les rats a été déterminée à 0,682 mg/l. Le fipronil est légèrement irritant pour les yeux des lapins et ne cause pas d'irritation cutanée.

Le mécanisme d'action toxique du fipronil est lié à des effets neurotoxiques. Plusieurs études de neurotoxicité ont été faites. Pour observer ces effets sur les humains, il faudrait de bien plus fortes expositions que ce qu'impliquent les actions d'un programme.

On a conduit des essais biologiques sur l'exposition chronique des rongeurs au fipronil pour en examiner le potentiel carcinogène (qui cause des cancers). On n'a pas observé de changement dans le taux de formation de tumeurs, quelles qu'elles soient (oncogénicité), quels que soient le sexe et la dose liés à l'exposition au fipronil. Des analyses sur la génotoxicité et la mutagénicité (qui cause des mutations) du fipronil révèlent des résultats strictement négatifs. Cela comprend des essais bactériens sur la mutagénicité, avec et sans activation métabolique (test d'Ames), et des tests d'aberration chromosomique. Plusieurs études sur la reproduction, la tératogénicité et l'effet toxicologique sur le développement ont indiqué que les expositions au fipronil ne provoquent pas d'effets nuisibles. Les concentrations nécessaires pour causer ces problèmes sont souvent proches des taux connus pour provoquer la mort chez les animaux testés. On n'a pas observé de malformation congénitale (tératogénicité) chez les mammifères.

b. Sur les oiseaux

Le fipronil de qualité technique est très toxique pour le gibier à plumes sédentaire (par exemple, les oiseaux gallinacés tels que les faisans, les dindes et la volaille domestique) sur la base d'une irradiation orale aiguë et sur la base d'une irradiation alimentaire subaiguë. Cependant, le fipronil n'est quasiment pas toxique pour les oiseaux aquatiques. On n'a observé aucune toxicité aviaire chronique avec le produit parent mais les métabolites MB 46136 et MB 46513 se sont révélés plus toxiques pour les oiseaux que les composés parents. Lorsque qu'il est appliqué à un taux de 4g de matière active pour la lutte antiacridienne (traitement barrière) dans les prairies, le fipronil ne semble avoir qu'un faible impact sur les densités d'oiseaux.

c. Sur les reptiles

En 1996 et 1997, des études ont été faites pour déterminer les effets du fipronil sur l'*Acanthdactylus dumerili* (Larcertidae), une espèce de lézard qu'on trouve souvent dans les habitats des criquets dans l'ouest du Sahara, en Mauritanie et au nord du Sénégal. Etant donné les faibles doses utilisées pour la lutte antiacridienne, ces études ont conclu qu'il était improbable que les reptiles terrestres soient exposés à des niveaux critiques, à moins qu'on ne vaporise du fipronil de façon répétée au même endroit. Il n'y a cependant pas de raisons de faire des pulvérisations répétées car la persistance du fipronil supprime la nécessité d'applications répétées.

d. Sur les invertébrés terrestres

Le fipronil est sévèrement toxique pour les insectes terrestres. Les concentrations médianes létales varient de 0,03 mg/l pour les coléoptères des plantes à l'état ovulaire (*Diabrotica virgifera*) à 36 mg/l pour les mouches domestiques adultes (*Musca domestica*), résistantes à la cyclodiène. Les concentrations médianes létales pour la majorité des invertébrés, à la plupart des stades de leur vie, varient de 1 à 5 mg/l. Le fipronil de qualité technique est aussi très toxique pour les abeilles quand il est utilisé avec un vaporisateur foliaire là où les abeilles sont en contact direct avec le pesticide ou ses résidus. Par ailleurs, on considère que le fipronil est très toxique pour les arthropodes, mais les études sur le terrain ont montré que le nombre d'arthropodes non visés était plus important dans les zones traitées au fipronil que dans les zones traitées avec d'autres produits chimiques. Des études conduites en Afrique sahélienne indiquent que le fipronil est toxique pour les termites et certains prédateurs (oeufs) des criquets et des sauterelles. On a aussi découvert que l'effet du pesticide avait persisté pendant plus d'une année sur le sol traité.

e. Sur les poissons

Le fipronil de qualité technique est fortement toxique pour la plupart des poissons. La concentration médiane létale à 96 heures varie de 0,0248 mg/l pour la truite à 0,43 mg/l pour la carpe commune.

f. Sur les invertébrés aquatiques

Quand il est présent dans les habitats aquatiques à des taux relativement élevés, le fipronil peut avoir des effets adverses sur les arthropodes aquatiques et d'autres invertébrés, tels que le *Daphnia* pour lequel la concentration médiane létale à 48 heures a été déterminée à 0,19 mg/l. Une évaluation de la toxicité sur le cycle de vie des invertébrés conduite sur une crevette myside d'estuaire a montré que le fipronil de qualité technique affectait la survie, la reproduction et la croissance des animaux testés à des concentrations inférieures à 5 parties par trillion. Selon des données de l'EPA, les niveaux toxiques vont jusqu'à 0,0043 mg/l. L'EPA a donc demandé un complément d'informations sur sa toxicité pour les éphémères, les perles et les phryganes (insectes). On a aussi constaté qu'il présentait une toxicité aiguë pour les larves des chironomes (0,0044 mg/l). Les données de l'EPA indiquent que les produits de dégradation du fipronil ont une toxicité aiguë de 0,000077 mg/l et une toxicité chronique de 0,0000024 mg/l pour les mysides. Ces chiffres indiquent la très grande toxicité des produits de la dégradation sur les animaux testés.

g. Sur les plantes

Les préparations contenant du fipronil ne se sont avérées phytotoxiques pour aucune culture testée, quand on a fait les applications sur le terrain aux taux recommandés. Les études indiquent aussi que le fipronil est non toxique pour toute une variété de plantes aquatiques, y compris pour les algues.

h. Matières inertes et métabolites importants

Les principaux métabolites et produits de la dégradation du fipronil sont le 5-amino-1-[2,6-dichloro-4-trifluoromethyl)phenyl]-4-[(1R,S)-(trifluoromethyl)sulfonyl]-1H-pyrazole-3-carbonitrile, le 5-amino-1-[2,6-dichloro-4-trifluoromethyl)thio]-4-1H-pyrazole-3-arbonitrile et le 5-amino-1-[2,6-dichloro-4-trifluoromethyl)phenyl]-4-[(1R,S)-(trifluoromethyl)]-1H-pyrazole-3-carbonitrile. Les caractéristiques toxicologiques de ces composés sont semblables au composé parent, le fipronil. Dans les préparations contenant du fipronil, aucune matière inerte ne fait l'objet d'une préoccupation toxicologique.

i. Résumé de la toxicité écologique

La toxicité du fipronil et d'autres pesticides anti l/g est résumée dans le tableau 5. Le mode d'action toxique du fipronil réside en sa capacité d'inhiber le canal chlore régulé par le GABA. Ce mode d'action toxique est propre au fipronil et diffère des mécanismes des pesticides plus anciens et plus communément utilisés. Le fipronil a une plus grande affinité pour les récepteurs de GABA des insectes que pour ceux des mammifères. C'est pour cela qu'il est plus toxique pour les insectes et les autres invertébrés que pour les vertébrés.

Le fipronil est d'une toxicité orale modérément aiguë et d'une toxicité dermique légèrement aiguë pour les mammifères. Le fipronil est légèrement irritant pour les yeux mais n'est pas irritant pour la peau. Les effets neurotoxiques observés chez les insectes demanderaient de plus hauts niveaux d'exposition aux humains que ce qu'impliquent les actions de n'importe quel programme de lutte. Il n'y a pas de preuve d'effets carcinogènes observés lors des bio-essais chroniques sur les rongeurs. Tous les essais de génotoxicité et de mutagénicité se sont révélés négatifs. Il n'y aurait pas de toxicité sur la reproduction et le développement aux taux d'application recommandés des programmes.

Le fipronil est de légèrement à sévèrement toxique pour les oiseaux, sévèrement toxique pour les invertébrés terrestres, fortement toxique pour les poissons et pour les invertébrés aquatiques. On n'a pas constaté de phytotoxicité sur les cultures quand les taux d'application recommandés ont été respectés.

Les métabolites et les produits de dégradation ont une toxicité similaire ou supérieure au fipronil lui-même. On ne pense pas qu'il y ait d'effets synergiques dus à l'utilisation de fipronil car son mécanisme d'action toxique unique ne devrait pas augmenter de façon substantielle en cas d'exposition à d'autres produits chimiques ayant des effets adverses similaires.

Une combinaison de protection devrait comprendre un masque, un respirateur, un casque, des gants, une combinaison et de grosses bottes en PVC.

Comme pour la plupart des pesticides chimiques, les humains qui peuvent se trouver exposés à des risques importants en raison de leur exposition au pesticide, sont surtout ceux qui manipulent, préparent, appliquent, transportent, stockent et éliminent les pesticides. Bien que le fipronil ne semble pas constituer de menace sérieuse pour le public quand il est utilisé selon les recommandations et les instructions écrites, ceux qui manipulent le produit – en le transportant, en le mélangeant, en le préparant, en l'appliquant ou en étant directement exposés de quelque façon que ce soit – devraient toujours porter une combinaison de protection incluant un masque, un respirateur, un casque, des gants, une combinaison et de grosses bottes en PVC. Chaque équipe devrait toujours comprendre une personne capable de diagnostiquer un empoisonnement aux pesticides et d'administrer les premiers soins.

Tableau 5. Toxicité sur les organismes non ciblés

Pesticide	Poissons	Invertébrés (dont les abeilles)	Oiseaux	Mammifères	Accumulation biologique	Persistance	Mot indicateur*
Acephate	F ‡	F	F	M ‡	F	F	P
Bendiocarb	M	M	M	M	M	M	A
Agents biologiques de lutte	F	F	F	F	F	F	P
Carbaryl	F	F	F	F	F – M	F	P
Chlorpyrifos	M	M	M	M	M	F – P	A
Diazinon	M	E†	M – E	F	M	M	P – A
Diflubenzuron	F	F – M ‡	F	F	F	F §	P
Fenitrothion	F	E	E	F	M	F	A
Fipronil	E	E	M	M	M	F	A
Lambda Cyhalothrin	E	E	F	E	E	M	D
Malathion	F	F	M	F – M	F	F	P
Tralomethrin	E	E	F	F	E	M	D

***** Légende des mots indicateurs :

P = prudence ;
A = alerte ;
D = danger (poison).
F = faible ;
M = modérée ;
E = élevée (s'applique aux taux de toxicité des organismes non visés, à la bioaccumulation et à la persistance.)
‡ élevée chez invertébrés aquatiques
§ modérée sur les feuilles
Les catégories s'appliquent à la toxicité relative des pesticides. La toxicité relative est fonction de la formule et de la concentration en ingrédient actif.

2.2.4.3 Régulateurs de croissance des insectes : le diflubenzuron

Les composés appelés régulateurs de croissance des insectes (IGR) sont des pesticides développés assez récemment. Ils affectent le développement des insectes et diffèrent grandement des pesticides conventionnels par leur mode d'action. Le seul IGR enregistré à ce jour – l'IGR le plus étudié – pour une utilisation contre les insectes ravageurs aux Etats-Unis, est l'inhibiteur de synthèse de la chitine, composé du benzoylurea diflubenzuron (DFB). On dispose de moins d'informations sur les autres IGR benzoylurea, tels que l'hexaflumuron et le triflumuron, qui diffèrent du diflubenzuron au niveau moléculaire mais qui sont quasiment identiques quant à leur mode d'action (inhibition de la synthèse de la chitine).

2.2.4.3.1 Mode d'action

Le DFB est essentiellement un poison pour l'estomac, qui agit quand il est ingéré par les larves de l'insecte en même temps que la végétation dont elles se nourrissent. Le DFB interrompt la synthèse et la formation de la chitine, composant majeur de l'enveloppe extérieure dure (exosquelette) des insectes et des autres arthropodes. Le DFB interfère avec la formation de l'exosquelette et entrave le processus normal de mue, conduisant ainsi à la rupture de la cuticule mal formée et finalement à la mort par inanition. Le DFB est aussi un ovicide efficace qui tue les oeufs des insectes. Ces propriétés font que le DFB est très efficace dans la lutte contre les insectes dès les premiers stades de développement, quand ils muent et forment un nouvel exosquelette. Le DFB est inefficace contre les insectes adultes puisqu'à ce stade ils ne sont plus en cours de mue ni en cours de production de chitine.

L'action du DFB n'est pas aussi rapide que celle de la plupart des pesticides conventionnels. Les premiers signes visibles d'exposition des insectes au DFB sont observés de 24 à 48 heures après l'application. La réduction de la densité des larves/nymphes a lieu de 3 à 5 jours plus tard. Pendant ce temps, les larves/nymphes des insectes exposés peuvent continuer à se nourrir et à se développer normalement, jusqu'au moment de perdre la vieille cuticule pour la remplacer par la chitine nouvellement formée.

2.2.4.3.2 Efficacité sur les acridiens

Le DFB a un effet prononcé pendant les stades larvaires des l/g, la mort survenant souvent lors de la mue suivant l'exposition au DFB (dans les conditions observées sur le terrain). On a observé des résultats satisfaisants contre les sauterelles en pulvérisation de couverture (traitement de couverture) et lors de traitements RAAT (*Reduced Agent/Area Treatments*) [Traitements utilisant des quantités réduites de pesticides sur des surfaces réduites].

Le DFB est connu pour provoquer des anomalies morphologiques et comportementales chez les acridiens. Etant donné que les jeunes larves et nymphes déformées sont souvent rapidement éliminées du champ par les prédateurs, au fur et à mesure qu'elles deviennent moins mobiles par suite des effets du produit

chimique, ces anomalies peuvent être difficiles à reconnaître sur le terrain mais deviennent plus évidentes sur les individus de l'instar suivant ou sur les jeunes adultes.

2.2.4.3.3 Devenir environnemental

a. Air

La pression d'évaporation de DFB est assez faible et l'exposition à des concentrations importantes est donc improbable.

b. Sol

Le DFB a une faible mobilité dans le sol et on ne trouve généralement plus de résidus après 7 jours. Comme le DFB n'a pas d'affinité pour les matières du sol et qu'il a une faible solubilité dans l'eau, son potentiel d'infiltration dans le sol est faible.

c. Eau

Le DFB se désagrège rapidement dans l'eau et n'est généralement plus détecté 7 jours après. Cependant, pendant ce temps, il peut affecter les arthropodes, y compris les crustacés tels que les crevettes. Le taux de dégradation augmente avec la température et le pH. Le DFB peut être introduit dans l'eau par pulvérisation directe, par dérivation de pulvérisation ou par écoulement d'eau chargée de terre ou de litière. Il est peu probable que le DFB atteigne la nappe phréatique car il s'infiltre rarement au-delà de quelques centimètres dans le sol.

d. Plantes

Le DFB n'est pas facilement transloqué ou métabolisé par les plantes. Quand il est appliqué sur les plantes, le DFB a tendance à s'y fixer pendant plusieurs semaines. Des facteurs physiques tels que le vent, la pluie et la dégradation par le soleil enlèvent le DFB de la surface des plantes. Le DFB n'est pas phytotoxique et n'a pas d'effets connus sur les plantes quand il utilisé selon les recommandations.

e. Animaux

Le DFB n'est pas facilement absorbé par la peau et il ne devrait y avoir qu'une faible concentration ou accumulation biologiques chez les animaux. Les mammifères et les oiseaux métabolisent rapidement le DFB.

f. Résumé du devenir environnemental

Le DFB persiste rarement plus de quelques jours dans le sol ou dans l'eau. Cependant, quand il est appliqué sur la surface des plantes, il a tendance à y rester fixé plusieurs semaines. Le DFB ne devrait pas s'infiltrer jusqu'à la nappe phréatique. On s'attend à ce que le DFB se lie facilement aux matières organiques de l'eau. Il ne persiste pas dans le corps des animaux.

2.2.4.3.4 Toxicité

a. Sur les animaux

Quand il est utilisé aux taux recommandés, il est peu probable que le DFB nuise aux mammifères. Quand il est utilisé selon les spécifications, on ne constate aucun effet toxicologique aigu ou chronique chez les humains. Il a une très faible toxicité sur les oiseaux, les amphibiens et les poissons. Le DFB n'est ni mutagène (il ne cause pas de mutations), ni carcinogène (il ne cause pas de cancer), ni tératogène (il ne cause pas de malformation congénitale), ni oncogène (il ne cause pas de tumeurs).

b. Sur les invertébrés terrestres

Le DFB est recommandé pour lutter contre toute une variété de ravageurs des plantes agricoles, forestières, ornementales, des pâturages et des serres, dont les lymantrides spongieuses, les anthonomes du cotonnier, les Bucculatrix thurberiella, les mouches à scie, les noctuelles des légumineuses, les chenilles à houppes du douglas et la plupart des chenilles de forêt, telles que les chenilles défoliatrices et les mineuses des feuilles. Le DFB est aussi enregistré par l'EPA pour être utilisé aux Etats-Unis contre les sauterelles (tableau 1).

Il y a une grande différence de sensibilité au DBF chez les différents insectes terrestres. Le DFB est essentiellement un poison pour l'estomac dont l'efficacité est optimale lorsqu'il est ingéré. Ces caractéristiques le rendent quelque peu sélectif envers les insectes herbivores et d'autres insectes qui ingèrent les surfaces traitées. Les insectes non visés tels que les araignées et les mites sont moins exposés aux effets du DFB. Souvent, les autres insectes prédateurs tels que les coccinelles, les punaises et les hémérobes sont moyennement affectés. La longévité et la capacité de parasiter des parasitoïdes adultes ne sont généralement pas affectées par le DFB, bien qu'elles puissent l'être au stade larvaire. De plus, les parasites qui sont à des stades avancés de développement ne sont généralement pas affectés. En raison de l'action spécifique et assez sélective du DFB, on n'a jamais rapporté de toxicité significative chez les vers plats, les mollusques, les vers et les amphibiens. Les effets du DFB sur les abeilles varient, selon les rapports, d'"absence" à "présence" d'effets négatifs à de forts taux d'application et quand les durées d'exposition sont plus longues que ce à quoi on s'attend dans les programmes de lutte l/g.

c. Sur les invertébrés aquatiques

Le DFB peut pénétrer les écosystèmes aquatiques par une application directe dans l'eau (faite dans le cadre d'une lutte contre les ravageurs) ou indirectement, par une infiltration dans le sol ou par un écoulement de surface. Le DFB est très efficace contre les diptères aquatiques tels que les moustiques. Cependant, les dosages utilisés pour la lutte contre ces ravageurs suppriment souvent des invertébrés aquatiques non visés. Les crustacés sont le groupe d'invertébrés aquatiques le plus sensible au DFB ; les éphémères, les chironomes, les phryganes et les moucherons sont un peu moins sensibles au DFB que les crustacés. Dans les cas où l'on a pu faire des rapports sur ces populations sensibles, les réductions de population étaient seulement temporaires et retrouvaient le niveau précédant l'exposition. Les mollusques tolèrent relativement bien le DFB.

d. Résumé de la toxicité

La toxicité du DFB est résumée dans le tableau 5. Le DFB est faiblement toxique pour les mammifères, ne se concentre pas sur la chaîne alimentaire des vertébrés ni par absorption d'eau, reste stable sur les feuilles et reste rarement longtemps dans le sol ou l'eau. Alors que son mode d'action et sa présence dans l'environnement pourraient limiter l'exposition des organismes au DFB, ce pesticide n'est pas spécifique aux l/g ni à d'autres insectes ravageurs. Le DFB est susceptible de nuire à d'autres insectes, surtout aux insectes aquatiques, mais aussi aux crustacés. Cependant, ces effets sont particulièrement prononcés lors du développement de ces organismes et les populations affectées se sont généralement révélées capables de récupérer rapidement.

Comme avec la plupart des pesticides chimiques, la manipulation, la préparation, l'application, le transport, le stockage et l'élimination des pesticides périmés exposent les humains à un risque élevé.

Utilisé selon les recommandations et les instructions écrites, le DFB ne semble pas représenter de menace sérieuse pour le public. Cependant on recommande à tous ceux qui manipulent les produits – durant le transport, le mélange, la préparation ou l'application, ou qui sont d'une façon ou d'une autre directement exposés au produit – de toujours porter une combinaison de protection incluant un masque, un respirateur, un casque, des gants, une combinaison et des bottes. Chaque équipe devrait toujours comprendre un membre capable de diagnostiquer les symptômes d'un empoisonnement aux pesticides et d'administrer les premiers soins.

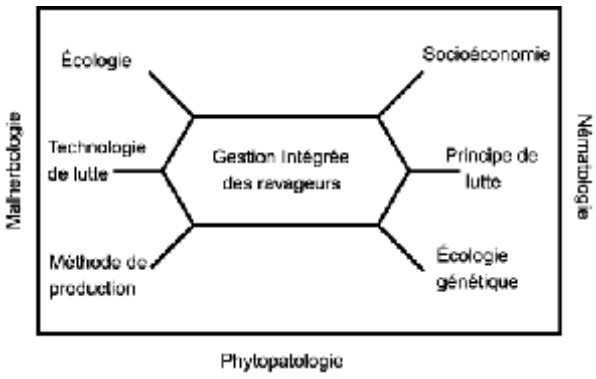
2.2.5 Lutte intégrée contre les ravageurs (IPM)

Un grand nombre d'ouvrages scientifiques ont abordé le sujet de la lutte intégrée contre les ravageurs. Cependant, en plus de la PEA de 1989 (TAMS, 1989) et des SEA (tableau 5), les publications de l'Institut Panos (1993) et de Lockwood *et al.* (2000) ont été particulièrement utilisées pour la rédaction de cette section.

La lutte intégrée contre les ravageurs (IPM) aborde la lutte contre les ravageurs d'une façon économiquement et écologiquement saine, en utilisant un ensemble varié de techniques pour réduire et maintenir les populations de ravageurs à des niveaux acceptables. La plupart des programmes IPM comportent des éléments de prévention et de prédiction qui s'efforcent de réduire, sinon d'éliminer, le besoin en mesures de lutte à grande échelle. Parmi les techniques utilisées dans un programme IPM se trouvent la lutte biologique, les pesticides et les méthodes culturales de lutte.

Quand la densité des insectes ravageurs est telle qu'elle ne représente pas de menace sur le plan économique, les pesticides sont seulement un des nombreux composants d'un programme IPM. A ce niveau, les coûts de la lutte seraient supérieurs à la valeur des dégâts que les ravageurs causeraient aux cultures. Le but consiste à maintenir les insectes ravageurs à des niveaux acceptables – grâce à des facteurs naturels ou à une IPM efficace. Malgré les programmes IPM, les populations/quantités d'insectes ravageurs peuvent se transformer en invasions très menaçantes pour la production agricole. Dans ce cas, les pesticides sont peut-être la seule solution possible pour garantir une réduction immédiate ou une élimination de la population de ravageurs (contrôle des populations). Cependant, dans le cadre général d'une approche IPM, les produits chimiques doivent être judicieusement utilisés pour obtenir et assurer le maximum d'efficacité et de sécurité.

L'USAID promeut l'IPM comme sa propre politique de lutte l/g en Afrique. La PEA de 1989 décrit des actions IPM qui font appel à la lutte chimique, non chimique et biologique, aussi bien qu'à l'amélioration des prévisions par une lutte précoce contre les l/g. Ce document encourage aussi la recherche appliquée et les formations. L'IPM était mentionnée comme la méthode préférée de chacune des SEA par pays (tableau 1). Depuis 1989, aucune invasion majeure de l/g en Afrique a nécessitée d'application massive de pesticides. Alors qu'il y a certainement de nombreuses raisons à cela, il se peut que l'approche IPM y ait contribué, au moins en partie. Alors qu'il est facile de soutenir une approche IPM de la lutte l/g, il est plus difficile de mettre pleinement en oeuvre un tel programme, tout en combattant les invasions l/g. Peu de personnes nieraient le fait que les moyens non chimiques de lutte l/g soient préférables à la seule utilisation de pesticides. Cependant, malgré les recherches les plus poussées, on ne dispose toujours pas d'un agent de lutte biologique rentable qui soit à même de réduire les populations l/g (sur de grandes surfaces) de façon efficace, rapide et sûre.



La gestion intégrée des ravageurs (IPM) fait appel à de nombreuses techniques – économiquement et écologiquement saines – pour maintenir les populations de ravageurs à un niveau acceptable.

Les méthodes culturales de lutte susceptibles de réussir localement ne seront peut être pas applicables à des actions à grande échelle. La stratégie IPM la plus appropriée à la lutte l/g et soutenue par les SEA de l'USAID, est probablement celle qui accentue la préparation et la prévention, plutôt que la lutte d'urgence.

Les pratiques de lutte intégrée contre les criquets peuvent différer de celles utilisées contre les sauterelles, surtout en ce qui concerne les sauterelles non migratrices. Un programme IPM complet pour lutter contre les sauterelles et mené par l'USDA/APHIS dans l'ouest des Etats-Unis, portait sur différentes approches mais, en raison des différences entre les habitats d'Amérique du Nord et ceux d'Afrique, toutes les découvertes ne sont pas applicables aux pays affectés par les criquets. Par exemple, il est possible que les mesures culturales de lutte employées dans les prairies des Etats-Unis diffèrent considérablement de celles employées dans l'agriculture de subsistance en Afrique sahélienne. De plus, un temps sec est généralement favorable aux invasions de sauterelles en Amérique du Nord, alors que les précipitations sont essentielles au développement d'invasions de criquets en Afrique. Par ailleurs, les prédateurs naturels et les maladies varient d'un continent à l'autre.

La mise en oeuvre d'un programme IPM à grande échelle pour les l/g en Afrique demande un mécanisme de prise de décision souple et bien documenté, ce qui représente une difficulté majeure. Un tel mécanisme est pourtant essentiel si on souhaite prendre rapidement les mesures de lutte les plus appropriées, à un moment et à un endroit donnés. Les facteurs pouvant empêcher une prise de décision rapide et bien informée sont : des décideurs à niveaux multiples, un terrain inaccessible, des obstacles à la communication dans les zones étendues d'Afrique et le grand nombre de variables impliquées dans la façon dont une invasion se développe.

Malgré les obstacles qu'un programme IPM rencontre, il reste important de continuer à chercher des moyens divers d'améliorer la lutte l/g. Pour développer l'IPM, il faudra certainement un engagement plus important dans des domaines tels que la recherche, les formations supplémentaires et la coordination de tous les participants à la lutte l/g. Un des aspects de l'IPM récemment développé et qui pourrait être applicable à la lutte l/g en Afrique est le principe des traitements RAAT (Traitements utilisant des quantités réduites de pesticides sur des surfaces réduites).

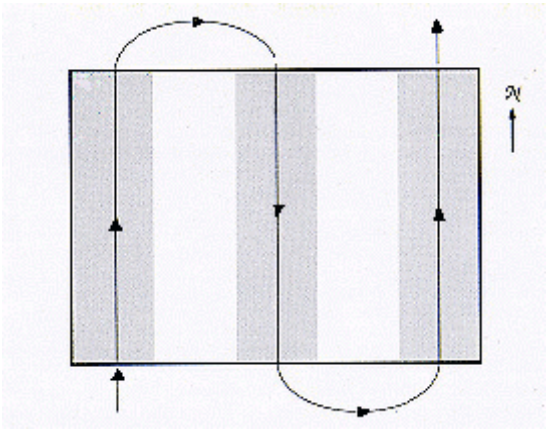
2.2.5.1 Traitements RAAT : traitements utilisant des quantités réduites de pesticides sur des surfaces réduites

Les RAAT sont une stratégie/tactique IPM connue et utilisée depuis de nombreuses années dans d'autres systèmes de cultures tels que les céréales et sont une forme de traitement barrière. Les chercheurs ont conduit des études complètes sur les cultures de blé, dans un cadre hivernal, où différentes combinaisons de taux réduits de pesticides et de surfaces couvertes réduites ont été essayées. De plus, des essais sur le terrain à Madagascar, où différents taux de fipronil ont été appliqués sur des surfaces de 100 m traitées en alternance avec des zones de 700 m non traitées, ont prouvé leur efficacité.

Les RAAT ont aussi été développés pour être utilisés contre les sauterelles aux Etats-Unis. Dans ces méthodes RAAT, le taux de pesticide est réduit par rapport au taux recommandé par le fabriquant. On alterne les bandes de terre non traitées, ou abris, avec des bandes de terre traitées au pesticide. Le but de cette approche est de parvenir à une stratégie de lutte contre les ravageurs qui soit plus économique, plus efficace et plus écologique que les traditionnelles applications couvertures à fort taux de pesticide.

Les RAAT impliquent l'application de pesticides sur une bande de terre large de 100 pieds (30 mètres). On ne traite pas la bande de terre adjacente de 25 à 100 pieds. Cette procédure d'application est répétée sur la zone totale du traitement. Les sauterelles des bandes traitées et toutes les sauterelles qui migrent de la zone non traitée vers la zone traitée sont tuées. Les prédateurs et leurs parasites, aussi bien que les insectes non visés des zones non traitées sont épargnés.

Normalement, la méthode RAAT permet d'obtenir un taux de mortalité compris entre 80 et 89%. Cela représente une mortalité plus faible d'environ 10% qu'avec les traitements couvertures standards à fort taux. Les traitements barrières d'Afrique, au moyen desquels seules des bandes de terres adjacentes à la zone protégée sont traitées, ressemblent à l'approche RAAT. Le fait de laisser de faibles densités de l/g après les RAAT ne devrait pas entraîner d'invasions conséquentes. On a étudié l'application des pesticides carbaryl, diflubenzuron, fipronil et malathion par une approche RAAT. Alors que les RAAT semblent être une méthode prometteuse pour la lutte contre les sauterelles aux Etats-Unis, il faudrait encore poursuivre les recherches pour démontrer comment cette approche peut être appliquée à la lutte l/g en Afrique.



Traitements RAAT : rentables et efficaces.

2.3 Stockage et élimination des pesticides

Toutes les quantités de pesticides (fournis/reçus) à utiliser contre les l/g et d'autres ravageurs ne seront peut être pas utilisées dans l'année. Il faut donc les stocker et/ou s'en débarrasser. Les pays en voie de développement ne disposent généralement pas d'installations adaptées pour l'élimination des pesticides. Un pesticide mal stocké risque de perdre de son efficacité ou de causer des problèmes économiques, sanitaires, sociaux et environnementaux. On constate des écoulements et des renversements de bidons sur de nombreux sites en Afrique. On utilise les bidons vides de pesticides de nombreuses façons : pour le stockage de l'eau, du grain et de la nourriture pour les animaux ou comme matériau de construction.

La principale source d'informations utilisée pour développer cette section est le CD-ROM "*Problèmes, prévention et élimination des pesticides périmés*" (Ang.), de van der Graff et Wodageneh (1999) et distribué par la FAO, les publications de la GTZ (Agence de coopération technique allemande) sur l'élimination des pesticides. De nombreuses séries de la FAO sur l'élimination des pesticides étaient citées pour les stocks de pesticides périmés. Les informations sur la toxicité des différents produits chimiques ont été obtenues à partir du Dictionnaire électronique sur les pesticides (2000) et des *International Chemical Safety Cards* [Cartes internationales de sécurité chimique]. Les comptes-rendus de conférences édités par Knausenberger *et al.* (1991) et une PEA préparée pour l'élimination des pesticides en Ethiopie (USAID, 1999) sont d'importantes sources d'informations sur l'élimination des pesticides. Il est à noter que le Bureau de l'USEPA pour le programme sur les pesticides a développé un cours intitulé "*Elimination des pesticides dans les pays en voie de développement* ", en utilisant les directives de la FAO. Ce cours a été conçu pour les pays en voie de développement qui doivent faire face aux problèmes des pesticides périmés. Pour des informations détaillées sur ce cours, voir la page Internet suivante en cliquant sur : **http://www.epa.gov/oppfead/international/disposal.htm.** De tels cours, offerts par la FAO et l'USAID/AELGA, apportent de précieuses informations sur les activités et programmes d'élimination des pesticides.

2.3.1 Contexte

La Régulation environnementale 22 CFR 216 de l'USAID, connue comme "Rég. 216", établit les procédures nécessaires à une analyse environnementale des activités de l'USAID. Les régulations définissent une classe d'actions supposées avoir des impacts significatifs sur l'environnement. De telles actions nécessitent la préparation d'un document tel que cette révision de la PEA de 1989 et d'autres documents relatifs à l'environnement.

Les programmes de lutte pour tout un ensemble d'insectes ravageurs ont entraîné une utilisation accrue de pesticides dans toute l'Afrique. En conséquence, les conditions suivantes sont toutes monnaie courante :

- grande tendance à l'accumulation des stocks de pesticides,
- forte contamination de l'environnement à proximité des zones de stockage
- augmentation des cas d'empoisonnement.

Dans de nombreux pays en voie de développement du continent africain, d'importants stocks de pesticides périmés, et peut être mal stockés, se sont accumulés pour atteindre des niveaux alarmants et dangereux. Les causes d'une telle accumulation sont nombreuses : locaux de stockage et conteneurs inadaptés, incapacité à prévoir les invasions de ravageurs tels que les criquets, manque d'informations et inefficacité des systèmes de distribution ou de commercialisation. Il y a un grand besoin de systèmes écologiques et rentables pour le stockage et l'élimination des pesticides périmés.

La Convention de Rotterdam sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause (PIC) applicable à certains produits chimiques et pesticides dangereux qui font l'objet d'un commerce international, a été développée en réaction à l'augmentation du commerce international des produits chimiques toxiques et des problèmes que ces derniers causent, surtout dans les pays en voie de développement. L'objectif de la PIC consiste à fournir et à diffuser des informations sur les risques et les dangers associés au transport, à la distribution et à l'application de produits chimiques toxiques.

Le non-respect des normes de sécurité peut avoir des conséquences sanitaires et

2.3.2 Solutions de stockage et d'élimination

Ces dernières années, la FAO a fourni de nombreuses informations sur les solutions de stockage et d'élimination des pesticides. Ces documents incluent des plans spécifiques et des projets pilotes – mis en oeuvre dans plusieurs pays en voie de développement – pour l'élimination des pesticides. On peut employer de nombreuses technologies et méthodes pour neutraliser (ce qui s'applique surtout aux petites quantités), détruire ou, d'une façon ou d'une autre, traiter les pesticides et leurs déchets afin d'éliminer tous les risques potentiels.

2.3.2.1 Transbordement et incinération en Europe

Le transbordement des pesticides vers des installations d'Europe spécialement prévues pour l'incinération à haute température des déchets dangereux est une solution très commune pour les stocks anciens, dangereux ou inutiles de pesticides. En 1999, cette méthode, recommandée par la FAO, a été envisagée en Ethiopie pour éliminer les 1 500 tonnes de pesticides périmés et les 1 000 tonnes supplémentaires de terre contaminée et d'autres matériaux. Les stocks de Dieldrin de certains pays dont le Niger, la Mauritanie et Madagascar ont été éliminés dans des incinérateurs européens à haute température. Alors que cette méthode présente de nombreux avantages, plusieurs autres options pourraient être attrayantes ou plus abordables, surtout dans les pays en voie de développement.

2.3.2.2 Incinération locale

L'incinération implique un processus d'oxydation thermale à haute température grâce auquel les molécules de pesticides sont décomposées en gaz et en solides ininflammables. On utilise de nombreux types d'incinération, y compris des fours fixes/mobiles (de grande ou de petite taille) en béton. Toutefois, en Afrique, il n'y a pas d'incinérateurs (fixes) spécialement construits, à grande échelle, pour traiter les déchets

dangereux. Une installation pour l'incinération des pesticides n'est rentable que s'il y a un flux permanent de déchets chimiques à éliminer.

Il existe encore d'importants stocks de pesticides périmés dans certains endroits d'Afrique. Une fois que ces stocks seront éliminés, les quantités de déchets en provenance d'autres zones ne pourraient justifier une installation dédiée à la seule incinération de pesticides. Relativement peu de pays possèdent des fours en béton et les fours qui existent ne sont pas conçus pour l'incinération des pesticides. De plus, les difficultés relatives au droit international et au transport des pesticides vers les pays où les fours sont localisés, devraient être réglées.

2.3.2.3 Traitement chimique

Le traitement chimique rend les pesticides moins toxiques et plus sûrs à stocker, à transporter et à éliminer. Certains composés actifs peuvent être détruits par traitement chimique. Les traitements communs sont l'hydrolyse alcaline et l'hydrolyse acide. Toutefois, ces traitements conviennent peu à l'Afrique, où l'on ne dispose d'aucune installation appropriée, surtout pour une gamme aussi variée de pesticides nécessitant un traitement. Cette méthode d'élimination demanderait un investissement substantiel pour construire une installation adaptée et pour former un personnel qualifié.

Elimination de pesticides au Mozambique.

2.3.2.4 Décharges doublées

Une autre méthode d'élimination consiste à enfouir les sous-produits des stocks de pesticides périmés, la terre contaminée ou d'autres produits dans des sites d'enfouissement convenablement doublés. Cependant, en raison du manque d'équipement et de matériaux nécessaires à la construction de tels sites, cette méthode ne pourra être largement adoptée dans les pays en voie de développement. Le choix d'un site approprié et les questions de sécurité peuvent être une préoccupation dans ces pays. De plus, les pesticides placés dans des décharges mal construites ou mal doublées pourraient migrer et laisser s'écouler des polluants à l'extérieur de la décharge, vers les nappes aquifères et d'autres habitats sensibles. L'utilisation des décharges pour l'élimination des pesticides périmés pourrait aussi avoir des impacts écologiques à long terme, au fur et à mesure que ces sites vieilliront et se détérioreront, ce qui ne manquera pas d'arriver avec le temps.

2.3.2.5 Stockage à long terme contrôlé

Le stockage ne saurait être une solution permanente au problème de l'élimination des pesticides. Par ailleurs, la construction d'installations adéquates pour le stockage des pesticides est onéreuse. Le stockage à long terme implique des inventaires réguliers, des inspections, un confinement immédiat des déversements et des écoulements et un rangement (gerbage) convenable des matériaux. Dans l'intervalle, des installations qui permettraient de stocker correctement les pesticides en attendant de leur expédition/utilisation sont nécessaires.

On devrait suivre les directives de l'emballage du produit et/ou les recommandations du fabriquant ou du distributeur pour le stockage et l'élimination de tout pesticide chimique. Les caractéristiques chimiques et la toxicité du pesticide seront consciencieusement considérées pour sélectionner les méthodes de stockage et d'élimination les plus appropriées. Cependant, il faut aussi considérer les facteurs sociaux, politiques et économiques pour déterminer la meilleure méthode d'élimination.

2.4 Références

Belayneh, Y.T., Roberts, D.W., and Swanson, D. 1995. Evaluation of the USAID-Funded Grasshopper/Locust Biological Control Research Projects. United States Agency for International Development Africa Emergency Locust/Grasshopper Assistance Project. July, 1995. 74 pp.

Bomar, C.R., Lockwood, J.A., Pomerinke, M.A., and French, J.D. 1993. Multiyear Evaluation of the Effects of *Nosema locustae* (Microsporidia: Nosematidae) on Rangeland Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) Population Density and Natural Biological Controls. Environmental Entomology 22(2): 489-497.

Diepen, J.V. 1999. Biological Control of Locusts and Grasshoppers in sub-Saharan Africa. United States Agency for International Development report. February, 1999. 49 pp.

Eisler, R. 2000. Handbook of Chemical Risk Assessment. Health Hazards to Humans, Plants, and Animals. Lewis Publishers.

EPA - See United States Environmental Protection Agency

FAO/EMPRESS. 1997. FAO/EMPRESS Workshop on Economics in Desert Locust Management. Cairo, Egypt. September, 1997. 131 pp.

Gangwere, S.K., Muralirangan, M.C., and Muralirangan, M. (eds.) 1997. The Bionomics of Grasshoppers, Katydids, and Their Kin. CAB International. 529 pp.

Goettel, M.S., and Johnson, D.L. (eds.) 1997. Microbial Control of Grasshoppers and Locusts. Entomological Society of Canada. 400 p.

Knausenberger, W.I., Andreasen, J., and Belayneh, Y.T. (eds.) 1991. Proceedings of the USAID West African Regional Conference on Pesticide Disposal: Disposal of Pesticide Containers and Obsolete Pesticides. August, 1991. 69 pp.

Knausenberger, W.I., Booth, G.A., Bingham, C.S., and Gaudet, J.J. (eds.). 1996. Environmental Guidelines for Small-Scale Activities in Africa. USAID Technical Paper No. 18. June, 1996. 2020 pp.

Krall, S., Peveling, R., and Ba Diallo, D. (eds.). 1997. New Strategies in Locust Control. Birkhauser Verlag. 522 pp.

Lockwood, J.A., Schell, S.P, Foster, R.N., Reuter, C., and Rachad, T. 2000. Reduced agent-area treatments (RAAT) for management of rangeland grasshoppers: efficacy and economics under operational conditions. Int. J. Pest Manag. 46(1): 29-42.

Lois Berger and Associates, Inc. 1991. Review of Environmental Concerns in A.I.D. Programs for Locust and Grasshopper Control in Africa. United States Agency for International Development, Office of Technical Resources, Bureau for Africa. Publication Series No. 91-7. 71 pp.

Lomer, C.J. and Prior, C. (eds.) 1992. Biological Control of Locusts and Grasshoppers. CAB International. 394 pp.

OTA - See United States Congress, Office of Technology Assessment

Panos Institute. 1993. Grasshoppers and Locusts: The Plague of the Sahel. Panos Dossier. 114 pp.

Popov, G.B. 1997. Atlas of Desert Locust Breeding Habitats. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 1997. 122 pp. with maps.

Steedman, A. (ed.). 1988. Locust Handbook. (2nd edition) London: Overseas Development Natural Resources Institute. 180 pp.

Swanson, D. 1995. Economic Viability of Mycopesticides for Acridid Control in Africa. Report funded by LUBILOSA. December, 1995. 108 pp.

Symmons, P. 1992. Strategies to combat the desert locust. Crop Protection 11: 206-212.

TAMS Consultants, Inc. and the Consortium for International Crop Protection. 1989. Locust and Grasshopper Control in Africa/Asia: A Programmatic Environmental Assessment. Contractor report prepared for the United States Agency for International Development, March, 1989.

USDA/APHIS - See United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service

United States Agency for International Development, 1988a. Final Report. Environmental assessment of the Morocco locust control project 608-0196. United States Agency for International Development, Mission to Morocco, Rabat, Morocco, April 1988. 35 pp. plus appendices.

United States Agency for International Development, 1988b. Draft. Environmental assessment of the Tunisia locust control campaign. United States Agency for International Development mission to Tunisia, Tunis, Tunisia. December 1988. 48 pp.

United States Agency for International Development, 1989. Environmental assessment of the Algerian locust control operation in fall, 1988. USAID/Office of U.S. Foreign Disaster Assistance, U.S. State Department, Washington, D.C. 20523. January 1989. 34 pp.

United States Agency for International Development, 1989. Locust/Grasshopper Management Operations Guidebook. January, 1989.

United States Agency for International Development, 1990a. Supplemental environmental assessment U.S. locust/grasshopper control program - Niger. USAID/Niger. July 1990. 56 pp. plus appendices.

United States Agency for International Development, 1990b. Supplemental environmental assessment (SEA) for USAID funding of locust or grasshopper pesticide usage in Sudan. USAID Khartoum. October 1990. 88 pp.

United States Agency for International Development, 1991a. Supplementary environmental assessment within the framework of locust/grasshopper control in Burkina Faso. United States Agency for International Development in cooperation with the Government of Burkina Faso. Ouagadougou, Burkina Faso. April 1991. 50 pp.

United States Agency for International Development, 1991b. Cameroon locust control program: Supplementary environmental assessment. United States Agency for International Development in collaboration with the Government of Cameroon. Yaounde, Cameroon. April 1991. 56 pp.

United States Agency for International Development, 1991c. Supplementary environmental assessment of the locust/grasshopper control program in Chad. United States Agency for International Development in cooperation with the Government of Chad. N'Djamena, Chad. April 1991. 61 pp.

United States Agency for International Development, 1991d. Supplemental environmental assessment of the locust/grasshopper control program in Mali. United States Agency for International Development mission to Mali in cooperation with the Government of the Republic of Mali. Bamako, Mali. May 1991. 102 pp. plus appendices.

United States Agency for International Development, 1991e. Amendment to the Niger supplementary environmental assessment Niger dieldrin disposal plan environmental assessment. January 1991, Niamey, Niger, 35 pp.

United States Agency for International Development, 1991f. Supplementary environmental assessment of the Senegal locust/grasshopper control program. United States Agency for International Development mission to Senegal in cooperation with the Government of Senegal. Dakar, Senegal. May 1991. 64 pp.

United States Agency for International Development, 1992. Supplementary environmental assessment of the Madagascar locust control program. United States Agency for International Development mission to Madagascar in cooperation with the Government of Madagascar. Antananarivo, Madagascar. July 1992. 82 pp.

United States Agency for International Development, 1993a. Supplemental environmental assessment of the Eritrean locust control program. United States Agency for International Development mission to Eritrea in cooperation with the Provisional Government of Eritrea. Asmara, Eritrea. March 1993. 43 pp. plus appendices.

United States Agency for International Development, 1993b. Supplementary environmental assessment for locust and grasshopper control in Ethiopia. United States Agency for International Development mission to Ethiopia in cooperation with the Transitional Government of Ethiopia. Addis Ababa, Ethiopia. June 1993. 205 pp.

United States Agency for International Development, 1993c. Supplementary environmental assessment for locust and grasshopper control in The Gambia. United States Agency for International Development mission to The Gambia. Banjul, The Gambia. November 1993. 63 pp.

United States Agency for International Development, 1993d. Supplementary environmental assessment Republic of India. Prepared by Locust Warning Organization, Dte. Plant Protection, Quarantine and Storage, Department of Agriculture and Cooperation, Ministry of Agriculture, Faridabad, Haryana, India, in cooperation with USAID/ India, b-28, Institutional Area, Qutab Hotel Rd., New Delhi, India. November 1993. 51 pp.

United States Agency for International Development, 1993e. Supplementary environmental assessment for locust/grasshopper control in Kenya. United States Agency for International Development in collaboration with the Government of Kenya. Nairobi, Kenya. November 1993. 63 pp.

United States Agency for International Development, 1993f. Amendment to the USAID/ Madagascar supplementary environmental assessment of the locust control program: Options for including insect growth regulators (IGRS), for locust/grasshopper control. Antananarivo, Madagascar for USAID/Madagascar. August, 1993. 20 pp. plus appendices.

United States Agency for International Development, 1993g. Supplemental environmental assessment for potential USAID assistance to locust/grasshopper control operations in Mozambique. United States Agency for International Development mission to Mozambique in cooperation with the Government of the Republic of Mozambique. Maputo, Mozambique. September 1993. 74 pp. plus appendices.

United States Agency for International Development, 1993h. Supplemental environmental assessment the Pakistan locust control program. United States Agency for International Development mission to Pakistan, Islamabad. August 1993. 70 pp. plus appendices.

United States Agency for International Development, 1993i. Supplementary environmental assessment for locust and grasshopper control by the desert locust control organization for East Africa (DLCO-EA) in Somalia. In cooperation with USAID/Ethiopia, the desert locust control organization for East Africa (DLCO-EA), and the Government of Ethiopia. Addis Ababa, Ethiopia, November 1993. 59 pp.

United States Agency for International Development, 1993j. Supplementary environmental assessment of the emergency Yemen locust control program. United States Agency for International Development, Sana'a, Republic of Yemen, ANE/NE/DR/ENR and AFR/AA/DRCO. November 1993. 26 pp.

United States Agency for International Development, 1994a. Botswana locust control program: Supplemental environmental assessment. United States Agency for International Development in collaboration with the Government of Botswana. Gaborone, Botswana. October 1994. 65 pp. plus appendices.

United States Agency for International Development, 1994b. Environmental impact assessment of African armyworm control in Eritrea: An amendment to the supplemental environmental assessment of locust/grasshopper control in Eritrea. African emergency locust and grasshopper assistance (AELGA) project. November 1994. 23 pp. plus appendices.

United States Agency for International Development, 1994c. Environmental impact assessment of African armyworm control in Ethiopia: An amendment to the supplemental environmental assessment of locust/grasshopper control in Ethiopia. African emergency locust and grasshopper assistance (AELGA) project. November 1994. 26 pp. plus appendices.

United States Agency for International Development, 1995a. Large-scale field testing of locust entomopathogenic fungi as biopesticides in Madagascar: Second amendment to the supplemental environmental assessment of the locust control program in Madagascar. Washington, D.C., October 1995. 20 pp. plus appendices.

United States Agency for International Development, 1995b. Supplementary environmental assessment for locust and grasshopper control in Mauritania. United States Agency for International Development, Office of USAID Representative/Nouakchott in cooperation with the Government of the Islamic Republic of Mauritania. Nouakchott, Mauritania. Revised March 1995. 65 pp. plus appendices.

United States Agency for International Development, 1995c. Supplemental environmental assessment for USAID assistance for locust/grasshopper and armyworm control in Tanzania. United States Agency for International Development mission to Tanzania in cooperation with the Government of the Republic of Tanzania. Dar es Salaam, Tanzania. October 1995. 84 pp. plus appendices.

United States Agency for International Development, 1997a. Supplemental environmental assessment for potential USAID assistance to locust/grasshopper control operations in Malawi. United States Agency for International Development (USAID) in collaboration with the Government of Malawi. Lilongwe, Malawi. July 1997. 92 pp.

United States Agency for International Development, 1997b. Supplementary environmental assessment for potential USAID assistance to locus/grasshopper operations in Namibia. United States Agency for International Development (USAID) in collaboration with the Government of Namibia. Windhoek, Namibia. August 1997. 71 pp.

United States Agency for International Development, 1998. Amendment III to the USAID/Madagascar supplemental environmental assessment for locust control program: Options for including fipronil as an anti-locust insecticide. September 1998. 36 pp. plus appendices.

United States Congress, Office of Technology Assessment. 1990. A Plague of Locusts -Special Report, OTA-F-450. Washington, DC, U.S. Government Printing Office, July, 1990.

United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service. 1995. Gypsy moth management in the United States: A cooperative approach. Final Environmental Impact Statement. Washington, DC.

United States Environmental Protection Agency. Office of Prevention, Pesticides, and Toxic Substances. 1996. New pesticide fact sheet EPA-737-F-96-005. U.S. EPA, Washington DC.

United States Environmental Protection Agency. Office of Prevention, Pesticides, and Toxic Substances. 1998. Fipronil for use on rice (Regent, Icon) and pets (Frontline), HED Risk Assessment, Chemical 129121, U.S. EPA, Washington, DC. 90 pp.

United States Environmental Protection Agency. Office of Prevention, Pesticides, and Toxic Substances. 1999. Fipronil: tolerances for residues. 40 CFR §180.517. U.S. EPA. Washington, DC.

van der Graff, N.A., and Wodageneh, A. 1999. Obsolete Pesticides: Problems, Prevention, and Disposal. CD-ROM. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Plant Production and Protection Division. Rome.

2.5 Appendices

Appendice A : acronymes et abréviations

AELGA *Africa Emergency Locust/Grasshopper Assistance* – [Aide d'urgence pour la lutte antiacridienne en Afrique]

AFR/ARTS *Africa's/Agriculture, Research et Technical Support* – [Agriculture, recherche et soutien technique en Afrique]

AFR/ONI *Africa's/Offices of Operations and New Initiatives* – [Bureaux pour les opérations et les nouvelles initiatives en Afrique]

AID/W *Agency for International Development/Washington* – [Agence pour le développement international, Washington]

APHIS *Animal Plant Health Inspection Service* – [Services d'inspection de la santé végétale et animale]

BCP *Biological Control Products* – [Produits pour la lutte biologique]

BHC *Benzene Hexachloride* – [hexachlorocyclohexane (HCH)]

BMOA *Botswana Ministry of Agriculture* – [Ministère botswanais de l'Agriculture]

CFR *Code of Federal Regulations* – [Code des régulations fédérales]

DDT *Dichloro Diphenyl Trichloroethane* – [Dichloro-diphényle-trichloroéthane]

DFB *Diflubenzuron* – [Diflubenzuron]

dt *Drowning technique* – [Technique de noyade]

EPA *Environmental Protection Agency* – [Agence des Etats-Unis pour la protection de l'environnement]

FAO *Food et Agriculture Organization* – [Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture]

GABA *Gamma-Amino-Butyric Acid* – [Acide gamma-amino-butyrique]

IGR *Insect Growth Regulators* – [Régulateurs de croissance des insectes]

IPM *Integrated Pest Management* – [Lutte intégrée contre les ravageurs]

ITCZ *Inter-tropical Convergence Zone* – [Zone de convergence intertropicale]

km *kilometer* – [kilomètre]

l/g *Locust/Grasshopper* – [Criquet/sauterelle]

NPP *Natural Plant Protection* – [Protection des plantes naturelles]

OF *Oil-flowable* – [Dispersible dans l'huile]

PEA *Programmatic Environmental Evaluation* – [Evaluation environnementale programmatique]

PPD *Plant Protection Division* - [Division pour la protection des plantes]

RAAT *Reduced Agent-Area Treatments* - [Traitements utilisant des quantités réduites de pesticides sur des surfaces réduites]

SEA *Supplementary Environmental Evaluation* - [Evaluation environnementale supplémentaire]

su *oil-suspension* - [Suspension dans l'huile]

USA *United States of America* - [Etats-Unis d'Amérique]

USAID *United States Agency for International Development* - [Agence des Etats-Unis pour le développement international]

USDA *United States Department of Agriculture* - [Ministère américain de l'Agriculture]

Appendice B : Pesticides périmés communs en stock en Afrique

La FAO a fait des enquêtes en Afrique et au Proche-Orient pour déterminer les types et les quantités totales de stocks de pesticides périmés. Ces études ont été compilées et introduites dans une base de données complète qui détaille – dans la mesure du possible – les stocks de pesticides par région au sein de chaque pays, avec des informations sur la quantité, la formule, l'année et l'origine de chaque pesticide. Les pesticides les plus communs sont catalogués dans le rapport par poids et par volume dans le tableau 6.

Table 6. Principaux groupes de pesticides en stock en Afrique

Principaux pesticides	Total de chaque		
	Litres/kg	Tonnes	Pourcentage du total
Aldrin	8259	8	0,09
Carbaryl	136968	137	1,5
DDT	202723	203	2,2
Dieldrin	435987	436	4,6
Dimethoate	150626	151	1,6
Endrine	1762	2	0,02
Fenitrothion	875865	876	9,3
HCH (BHC)	2759427	2759	29,3
Lindane	251126	251	2,7
Malathion	284240	284	3
Parathion	108209	108	1,2
Autres	4190808	4191	44,6
Total	9406000	9406	

Remarque : le total des stocks des pesticides considérés comme les principaux est de 5 215 192 l/kg (soit 5 215 tonnes), c'est-à-dire 55,46 % du total. Ce pourcentage semble rester constant malgré les changements dans le total général, quand on reçoit de nouveaux chiffres.

Chapitre 3

Lutte contre la chenille légionnaire en Afrique

3.1 Introduction

3.1.1 Informations sur le contexte

La chenille légionnaire d'Afrique, la *Spodoptera exempta*, (Walker) Zimmerman 1958, apparentée au ver de la capsule africain, l'*Heliothis armigera* (Hübner), (Lepidoptera Noctuidae) est un ravageur des pâturages et des cultures céréalières d'Afrique (au sud du Sahara) de certaines parties d'Arabie, d'Asie, d'Australie et du Pacifique, y compris à Hawaii. Ce papillon de nuit est un migrateur qui, les années d'invasion, peut infester plusieurs milliers de kilomètres carrés en Afrique orientale, centrale et australe. Les infestations peuvent atteindre des densités dépassant, occasionnellement, les 1000 larves au mètre carré (m^2). Cela a souvent lieu lors des invasions irrégulières, rarement contiguës. Grâce à son développement rapide, ses capacités reproductrices importantes et ses capacités migratoires, cet insecte peut survivre dans les prairies éphémères et marginales, où la sécheresse prévaut. Il a souvent été dit qu'il y avait des cycles dans l'abondance des mites et des invasions de chenilles légionnaires mais aucun modèle n'apparaît clairement.

La chenille légionnaire – *Spodoptera exempta.*

La distribution des invasions de chenilles légionnaires varie dans le temps et dans l'espace, en fonction du début de la saison humide, moment où les prairies produisent de nouvelles pousses et que les semis de céréales sont plantés. La plupart des invasions de chenilles légionnaires sont précédées de grandes sécheresses. En Afrique de l'Est, les zones favorables à la survie des larves pendant la période creuse – la saison sèche – sont plus étendues dans les régions côtières mais les populations de chenilles légionnaires peuvent aussi persister dans les montagnes, où les basses températures prolongent leur développement.

3.1.2 Nature des dégâts causés par la chenille légionnaire

Seule la larve de la *S. exempta* cause des dégâts aux récoltes et aux pâturages et c'est aussi le seul stade de sa vie où on peut la combattre par les pesticides. Les oeufs ne sont pas facilement décelables et se transforment en chrysalides dans le sol. On peut difficilement lutter contre les papillons de nuit car ils volent dans le sens du vent durant la nuit, contrairement aux essaims de criquets du désert qui se déplacent le jour et qu'on peut directement asperger de pesticides en avion.

La chenille légionnaire fait des dégâts dans les cultures céréalières, la canne à sucre, les pâturages et les prairies. Les jeunes larves mangent les semis et les larves plus âgées, qui viennent des prairies ou des

bandes de mauvaises herbes, se nourrissent de cultures en pleine croissance. Les petites fermes de subsistance sont particulièrement susceptibles d'en pâtir parce qu'elles manquent de ressources pour lutter contre les invasions. La sécheresse peut accentuer les pertes, à cause de l'incapacité des plantes à récupérer. Les pertes de récoltes de maïs sont proportionnelles au montant des pertes en feuilles, la perte de récoltes allant jusqu'à 92%, d'après ce qu'on a mesuré au Malawi et au Kenya, de la troisième à la quatrième floraison du développement de la plante.

La chenille légionnaire peut causer de sévères dégâts aux pâturages.

Dans certains pays, la responsabilité de la lutte contre la chenille légionnaire revient au gouvernement mais, en raison des contraintes économiques et logistiques, il se peut que les services de vulgarisation agricole (protection des cultures) ne soient en mesure de ne fournir qu'une aide limitée. On s'attend à ce que les agriculteurs, surtout les gros producteurs, achètent et appliquent leurs propres pesticides pour combattre les larves de la chenille légionnaire dans leurs champs en culture. Ces services nationaux de protection des cultures qui tentent de lutter contre les ravageurs peuvent être rapidement dépassés par les demandes d'aide pendant la courte période de temps dont ils disposent pour lancer les opérations de lutte d'urgence et pour prévenir d'importantes pertes de récoltes et de pâturages. Il en résulte que la chenille légionnaire d'Afrique a acquis la réputation d'être un sérieux ravageur, juste après le criquet. En 1999, il y a eu des invasions au Rwanda, en Tanzanie, au Burundi, au Kenya, en Ethiopie et en Ouganda.

3.1.3 Participation de l'USAID

En 1994, les Ministères de l'agriculture (MOA) d'Ethiopie et d'Erythrée, ont demandé à l'USAID et à d'autres donateurs des pesticides pour lutter contre les invasions de chenilles légionnaires. Comme l'USAID n'avait de rapport officiel sur les impacts écologiques de la lutte contre la chenille légionnaire ni en Ethiopie ni en Erythrée, la régulation 22 CFR 216.3(b)(1) de l'USAID l'empêchait de fournir des pesticides ou de donner des fonds qui auraient pu être utilisés pour soutenir les activités d'application des pesticides. La mission de l'USAID en Ethiopie a envoyé des représentants aux réunions de l'Unité d'urgence des Nations unies pour l'Ethiopie (UN/EUE) sur les invasions de chenilles légionnaires.

Selon le personnel de la *Food and Humanitarian Assistance* (FHA) [Aide alimentaire et humanitaire], la Mission n'a pas participé aux opérations de lutte contre la chenille légionnaire en Afrique et n'a fourni aucune aide. Cependant, pour combattre la chenille légionnaire d'Afrique, le MOA d'Ethiopie a utilisé du chlorpyriphos et le MOA d'Erythrée a utilisé du malathion, fournis en 1993 par l'USAID pour la lutte contre le criquet.

3.1.4 But

L'objet de ce document est d'examiner et de résumer la situation de la chenille légionnaire d'Afrique quant à son occurrence, sa biologie, les dégâts qu'elle cause aux récoltes, ses impacts sur la sécurité alimentaire humaine et sur l'environnement, ses ennemis naturels et les stratégies de lutte développées et appliquées contre elle. Les pesticides chimiques et biologiques conventionnels utilisés ainsi que leurs risques écologiques et sanitaires seront abordés parallèlement. Quelques suggestions concernant les alternatives de lutte et les stratégies de prévention seront également faites.

La politique environnementale de l'USAID exige que toutes les activités d'un projet financé par l'USAID et impliquant l'approvisionnement, l'application ou l'utilisation de pesticides, soient faites en accord avec les Procédures environnementales de l'USAID pour l'aide à l'étranger, selon le Code 22 des Régulations fédérales (CFR) partie 216, section 3(b), aussi connue comme "Rég. 16". La section 3(b) de la Régulation 16 insiste sur le fait que tout impact nuisible prévisible qu'un certain pesticide pourrait avoir sur les humains et sur l'environnement doit être minimisé. Ce document fournit des informations sur les pesticides utilisés dans les programmes de lutte contre la chenille légionnaire, résume les formalités actuelles d'enregistrement de ces produits chimiques auprès de l'Agence des Etats-Unis pour la protection de l'environnement (USEPA) et présente les impacts environnementaux qui leur sont associés.

De nombreuses sources d'informations ont été utilisées pour développer ce rapport. Les références ne sont pas citées dans le corps du texte. Les principales sources d'informations sont le Manuel de référence de la chenille légionnaire (*The African Armyworm Handbook*, Rose et al., 2000), une version précédente de ce Manuel de Dewhurst et Page (1992) et les évaluations de l'USAID sur les impacts environnementaux de la lutte contre la chenille légionnaire d'Afrique en Ethiopie et en Erythrée, contenues dans USAID 1994a et 1994b et les évaluations environnementales supplémentaires (SEA) pour la lutte contre le criquet, la sauterelle et la chenille légionnaire en Tanzanie (USAID, 1995). D'autres sources d'informations sont listées dans la section des références, à la fin de ce rapport.

3.2 La chenille légionnaire

3.2.1 Biologie

Le cycle de vie de la chenille légionnaire est présenté dans la figure 1. Une chenille légionnaire femelle adulte peut pondre plus de 1 000 oeufs sur une période pouvant aller jusqu'à 6 nuits. La masse d'oeufs est protégée de la déshydratation, des parasitoïdes et des prédateurs par des paquets de poils noirs les recouvrant, provenant de la pointe de l'abdomen de la femelle. Cette couverture de poils permet de distinguer les masses d'oeufs de cette espèce de toutes les autres espèces de *Spodoptera*.

Il existe deux formes de larve de chenille légionnaire : la "solitaire" (solitaria), qui est verte et la "grégaire" (gregaria), qui est noire. La larve solitaire, surtout en phase initiale (instar initial) de développement est

difficile à distinguer des larves des autres espèces noctuelles trouvées dans les prairies, car elle est colorée de façon énigmatique, avec des nuances de vert, de marron ou de rose. Sa tête est pâle ou mouchetée, mais jamais noire. Elle ressemble peu à la larve de la chenille légionnaire grégaire d'Afrique habituellement observée par les agriculteurs lors des invasions.

Les larves de la chenille légionnaire grégaire résultent de populations nombreuses et ont une physiologie et un comportement adaptés à des développements plus importants de larves qu'en phase solitaire. Les larves grégaires font monter la température de leur corps en s'exposant au soleil et en évitant l'ombre. Ces températures corporelles élevées sont obtenues par absorption des radiations solaires, favorisée par la pigmentation noire de la larve. Cette température corporelle élevée provoque des taux élevés du métabolisme et un développement rapide. Elles se nourrissent aussi de façon plus importante et il se peut qu'il y ait moins de stades (instars) larvaires. Les larves nouvellement écloses ne sont capables de se nourrir que sur les jeunes feuilles des plantes hôtes. Les effets de cette façon de se nourrir de la jeune larve sont la squelettisation du feuillage de la plante hôte, ce qui produit un modèle de feuilles qu'on appelle "le fenêtrage."

Larves de chenille légionnaire.

Au fur et à mesure que les larves grandissent, elles passent par une série de mues et de stades appelés instars. Chaque mue est précédée d'une réduction d'activité et d'un arrêt de l'alimentation. Le nombre d'instars varie selon la disponibilité de la nourriture, selon si les larves sont grégaires ou solitaires. En général, il y a cinq ou six instars, rarement sept. C'est durant les deux derniers instars que les larves causent le plus de dégâts aux cultures et aux prairies. Les larves plus âgées se nourrissent principalement sur le bord des feuilles du milieu de la plante, là où les feuilles sont horizontales et où la photosynthèse est donc la plus importante. Cette forme de dégâts causés à la plante hôte est plus visible que l'effet de fenêtrage. Les larves qui ont complètement fini leur croissance cherchent un sol tendre, humide à la base des plantes ou dans des bordures sablonneuses dans lesquelles elles pourront creuser et se transformer en chrysalides. C'est une période critique à leur survie. Si le sol est trop sec et dur, de nombreuses larves périront. S'il pleut à cette période, les agriculteurs rapporteront souvent que les larves ont été tuées, alors qu'elles se sont enterrées dans le sol pour se transformer en chrysalides.

Après 7 à 12 jours, les phalènes sortent de leur coque de nymphose et se fraient un passage jusqu'à la surface. Une fois sorties du sol, les phalènes grimpent le long de la tige d'herbe la plus proche ou de toute autre surface verticale disponible pour étendre leurs ailes. Les phalènes mesurent entre 14 et 18 millimètres (mm) de long et leurs ailes ont une envergure comprise entre 29 et 32 mm. Les phalènes adultes vivent de 7 à 16 jours. Il y a environ 6 à 8 générations (ou pontes) par an en Afrique orientale et de 4 à 5 en Afrique australe, avec une période creuse de 3 à 5 mois, durant laquelle on ne signale pas d'infestations. Dans les zones propices à la subsistance des populations de faible densité, on peut observer jusqu'à 13 générations.

Bien que les faibles densités causent moins de dégâts, elles représentent un risque potentiel d'augmentation rapide des populations et d'invasion en raison du nombre de pontes, quand les conditions sont favorables.

3.2.2 Dynamique des populations

On parle de "pullulement" de chenilles légionnaires quand les larves se trouvent en si grand nombre que la majorité d'entre elles sont sous la forme noire (ou phase grégaire). Un "pullulement" (ou une invasion) est un terme qui décrit leur apparition soudaine, résultant d'un accroissement exponentiel du nombre des larves sur une période relativement courte.

Quand les adultes volent, la direction et la vitesse des vents jouent un rôle majeur dans la détermination des distances parcourues par les phalènes. Leur vitesse de déplacement et leur comportement peuvent également influencer le lieu où les phalènes s'établissent pour s'accoupler et pondre leurs oeufs. Les phalènes se dispersent sous l'action et dans le sens du vent, à partir de leur lieu de naissance. Les invasions ont donc lieu quand les phalènes sont concentrées par la convergence de vents persistants, comme les vents de tempête ou les vents des montagnes. Les phalènes ainsi concentrées s'accouplent et pondent des oeufs et une invasion peut en résulter. Les phalènes qui n'ont pas été regroupées par les vents restent éparpillées et produisent des populations de faible densité de larves de type solitaire. A la fin du déplacement migratoire, les phalènes *S. exempta* s'établissent dans les arbres et l'accouplement a lieu cette même nuit ou la nuit suivante. La phalène femelle produit une phéromone sexuelle pour attirer le mâle.

Après la saison sèche, les invasions ne peuvent survenir que là où il y a eu assez d'eau pour permettre à la végétation de croître et de servir de nourriture aux larves en plein développement. Dans certains pays, comme la Tanzanie et le Kenya, ce sont les premières pluies de la courte saison humide qui sont les plus importantes dans l'initiation et le développement des invasions de chenilles légionnaires au sein de la région. Ces pluies permettent de réunir les conditions favorables au développement des premières invasions, d'où proviennent les invasions successives.

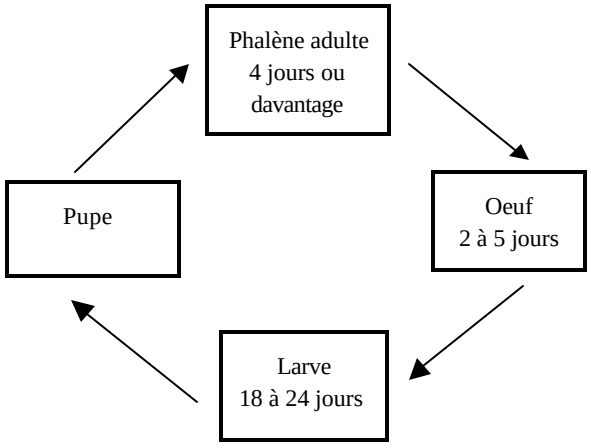


Figure 1. Cycle de vie d'une chenille légionnaire (30 à 40 jours).

3.2.3 Distribution et écologie

La chenille légionnaire est très répandue au sud du Sahara, dans l'ouest de la Péninsule Arabique et dans les îles de l'Atlantique et de l'Océan Indien ; cependant, elle est encore plus présente dans les régions de l'est et du centre-est du continent africain (figure 2).

Le climat est un facteur prépondérant dans la sévérité des invasions. Quand les pluies sont sporadiques et faibles, les premières invasions du Kenya et de Tanzanie sont en augmentation. Les conditions qui résultent en un développement des pullulements primaires à partir des populations solitaires sont rarement réunies durant la saison humide. Cependant, il peut y avoir des exceptions. S'il y a des précipitations après une longue période sèche durant la saison humide, cela peut aussi arriver dans de jeunes cultures céréalières plantées tardivement, quand les herbes avoisinantes deviennent fétides et immangeables.

Quand la pluie arrive, les phalènes produites par des populations de faible densité, éparpillées sur une grande zone d'origine sont concentrées par les vents, ce qui conduit aux pullulements primaires. En général, elles se trouvent sur de petites zones, très éparpillées et de densités larvaires variables. En conséquence, les pullulements restent souvent indétectables. C'est généralement dans ces zones du Kenya et de la Tanzanie, pays qui ont deux saisons humides par an, que les premiers pullulements, ou pullulements primaires, apparaissent. Ces pullulements primaires sont le début de l'assaut et les pullulements secondaires qui en découlent se dispersent à travers l'Afrique de l'Est et du Nord et jusqu'au Yémen.

3.2.4 Plantes hôtes

Les plantes hôtes du *S. exempta* sont tout d'abord les plantes des familles Poaceae (graminées) et Cyperaceae. Les larves montrent de fortes préférences au sein de la famille Poaceae. Les différentes variétés de cultures céréalières varient grandement dans leurs chances respectives d'être attaquées. Les herbes vivaces et de nombreuses herbes annuelles, telles que *l'Eleusine indica* et *l'Urochloa* spp figurent parmi les herbes hôtes les plus communément mangées . Les plantes hôtes qui revêtent une importance économique sont l'orge, l'éleusine cultivée, le maïs, l'avoine, le riz, le sorgho, la canne à sucre, le tef, le mil pénicillaire, le blé et les herbes des pâturages, surtout les variétés vivaces *Cynodon dactylon* et *Pennisetum typhoides*. L'hiérochloé odorante, favorite du bétail, est aussi la préférée de la larve de la chenille légionnaire. Pendant les périodes de grandes invasions, les plantes qui ne sont pas hôtes, dont le tabac (*Nicotiana tabacum*) et le coton (*Gossypium* spp.), peuvent aussi être consommées.

Le tef (*Eragrostis tef*).

3.2.5 Dégâts causés par la chenille légionnaire

3.2.5.1 Cultures

Les dégâts causés aux récoltes céréalières résultent essentiellement des attaques directes portées contre les jeunes plantes par les larves des premiers stades de développement, qui éclosent ou qui se dispersent dans les récoltes, et des invasions des cultures par les larves plus âgées provenant des herbes sauvages adjacentes. Lorsque ces larves en dernière phase d'instar arrivent de prairies largement infestées, elles sont capables de détruire complètement les récoltes en pleine maturation. Il est possible que les feuilles soient entièrement consommées ou alors que les dégâts consistent en des entailles dues à la mastication, ce qui donne aux feuilles l'air d'être en lambeaux.

Si la sécheresse suit une invasion, les plantes ne pourront certainement pas récupérer de la disparition des feuilles et les agriculteurs ne parviennent pas toujours à en replanter d'autres, ce pour diverses raisons, telles que la disponibilité des semences, le coût d'achat des semences de remplacement ou le manque de pluies. Les pertes les plus lourdes en cultures et en pâturages sont causées pendant la dernière semaine d'alimentation et de croissance des larves. Il est donc important que les agriculteurs trouvent les larves et luttent contre elles quand elles en sont encore au 1er ou au 2^{ième} instar (larves légèrement vertes), avant que de sérieux dégâts ne commencent. La capacité des jeunes plantes de maïs à récupérer des dégâts causés par la chenille légionnaire dépend de l'âge de la plante au moment de l'attaque et du stade de développement des racines quand la larve arrête de se nourrir. Les dégâts sont toujours sérieux si le méristème apiscal est affecté mais, comme il reste à la base de la plante presque jusqu'au stade qui précède l'apparition de l'épi de maïs, il peut être sous le sol pendant l'invasion et ainsi rester intact. De sérieux dégâts se développent rapidement une fois que les larves atteignent le 4^{ième} instar.

Les invasions de chenille légionnaire peuvent causer des dégâts considérables aux champs agricoles.

Dans les champs de sorgho, de millet, de riz et de tef, les dégâts de la chenille légionnaire peuvent stimuler le tallage. Cela peut, dans des conditions favorables, faire augmenter la récolte. Si les pluies suivantes conviennent à la croissance et au développement des récoltes, les pertes en récoltes peuvent être limitées, pourvu que les dégâts se produisent avant que le stade critique d'initiation du grain ne soit atteint.

3.2.5.2 Prairies/pâturages

Les dégâts causés aux prairies et aux pâturages peuvent être sévères et vastes. Les changements qui en résultent dans la composition de la couche supérieure du sol, peuvent persister plusieurs années si les dégâts de la chenille légionnaire sur l'herbe donnent aux dicotylédones (plantes à feuilles larges) un avantage de croissance – ce qui a des chances d'arriver dans les zones à faibles précipitations. Cet effet est accentué par la sécheresse et le surpâturage des bovins, des moutons et des chèvres. Dans les zones où il pleut suffisamment, les effets directs de la chenille légionnaire sur les terres de pâturage ne sont pas aussi importants que sur les prairies, où la régénération dépend de l'intensité du pâturage autant que des pluies. Les dégâts que la chenille légionnaire cause à l'herbe et les avantages qui s'en suivent pour les herbes dicotylédones provoquent des changements dans la composition du gazon, changements souvent accentués par la sécheresse et le surpâturage. De bonnes pluies sont nécessaires après une invasion pour que les pâturages récupèrent.

Dommages causés aux prairies par la chenille légionnaire.

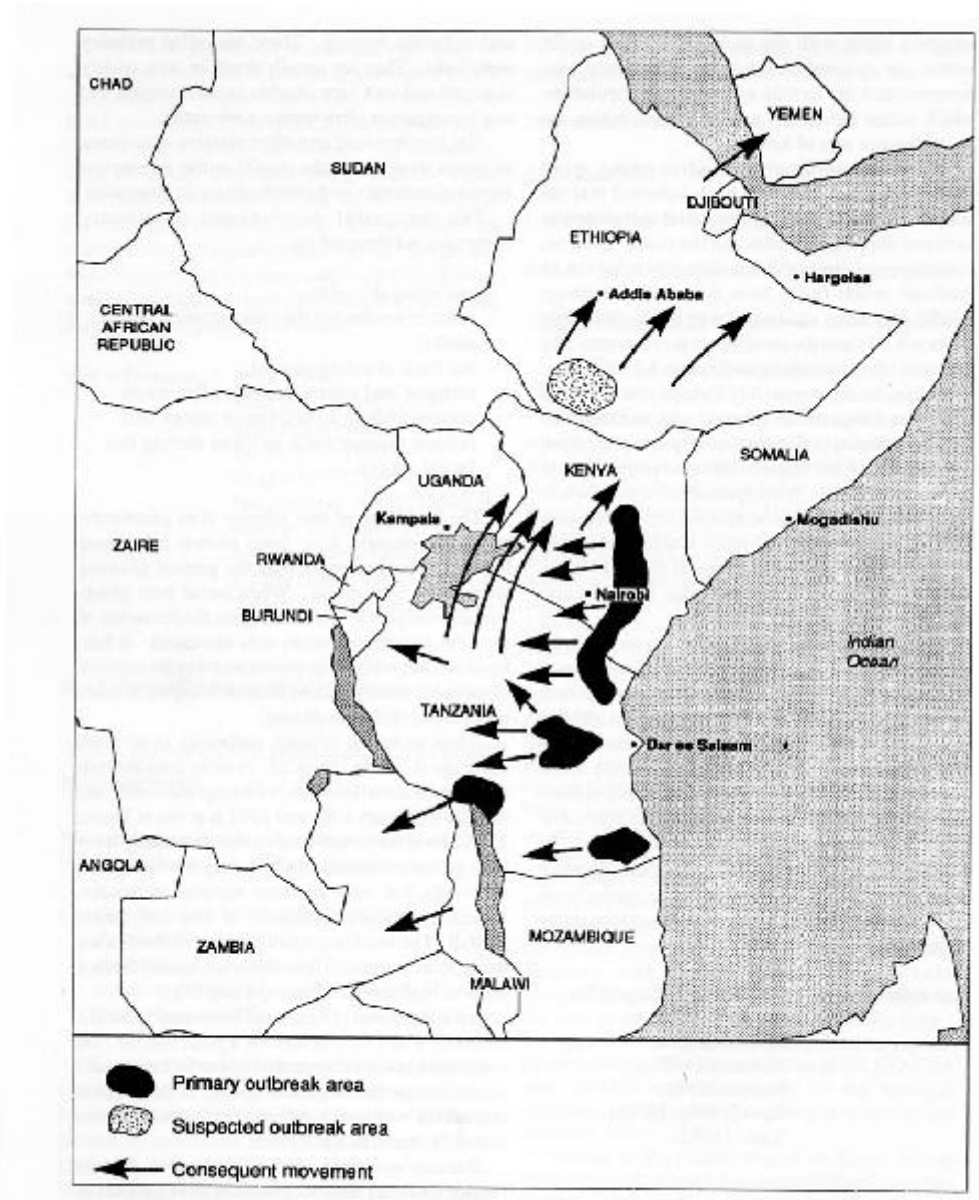


Figure 22. Map showing known primary outbreak areas of *Spodoptera exempta* in eastern Africa and typical movements from these areas during a major outbreak season. [Boundaries shown as for 1992].

Figure 2 : carte montrant les principales zones connues d'invasion de la *Spodoptera exempta* en Afrique de l'Est ainsi que les déplacements typiques lors d'une saison d'invasions majeures.

D'après le Manuel de référence sur la chenille légionnaire, 1997. Organisation pour la lutte contre le criquet pèlerin en Afrique orientale, Addis Ababa, Ethiopie).

3.2.6 Aspects économiques des invasions de chenilles légionnaires

Les pertes que la chenille légionnaire cause à la production agricole sont souvent significatives et sporadiquement dévastatrices à l'échelle locale, nationale et régionale. C'est surtout en Afrique orientale et australe que l'on signale d'importantes pertes. Cependant, durant les dernières décennies, la fréquence des rapports d'Afrique de l'Ouest a augmenté, peut-être en raison du développement des habitats de type "prairie", conséquence du déboisement et du débroussaillage opérés pour favoriser l'agriculture.

Les petits agriculteurs sont particulièrement vulnérables aux effets des invasions car ils disposent rarement des semences pour replanter ou des ressources financières nécessaires pour une lutte efficace. Les invasions affectent fréquemment de grandes surfaces, ce qui élimine les possibilités d'aide entre agriculteurs. Les services gouvernementaux de protection des récoltes et d'extension ne pourront peut-être fournir qu'une aide limitée, en raison des contraintes financières et logistiques.

Même si les chiffres dont on dispose sont imprécis, les pertes en cultures céréalières que les pays et les agriculteurs africains subissent sont considérables. Les chenilles légionnaires affectent aussi la production de bétail. Des gardiens de troupeaux ont rapporté la mort de bêtes ayant pâturé sur des pâturages récemment infestés au sud de l'Ethiopie, en Somalie (on a signalé la mort de 100 bovins, en une certaine occasion) et au Kenya, aussi bien qu'Afrique australe. On a fait différentes spéculations sur la cause de leur mort, dont le taux élevé de cyanure de l'herbe *Cynodon* spp, dû aux dégâts de la chenille légionnaire et à l'ingestion de larves ou de mycotoxines fongiques se trouvant sur les matières fécales des chenilles légionnaires.

3.3 Lutte contre la chenille légionnaire

3.3.1 Informations générales

La lutte contre les invasions de chenilles légionnaires est basée sur le signalement rapide de leurs fréquences et sur la surveillance des populations de phalènes et de leurs mouvements. En Afrique de l'Est, les opérations de lutte contre la chenille légionnaire sont gérées et coordonnées par l'Organisation Est-africaine de lutte contre le criquet pèlerin (DLCO-EA). Plus au sud, c'est l'Organisation internationale de lutte contre le criquet nomade en Afrique centrale et en Afrique australe (IRLCO-CSA) qui assume ce rôle. Ces organisations coordonnent les échanges d'informations entre les pays membres. Ils offrent ainsi une vue d'ensemble des développements de populations et des mouvements de phalènes signalés et attendus dans les pays et entre eux. Une telle coopération régionale est essentielle pour suivre, surveiller, prévoir et lutter efficacement contre les ravageurs migrateurs.

Plusieurs services nationaux de protection de récoltes, surtout en Afrique orientale, centrale et australe et au Yémen, ont des services spécialement chargés de lutter contre les ravageurs migrateurs, dont la chenille

légionnaire. Ils aident les agriculteurs des pays où la chenille légionnaire est un ravageur, en fournissant et/ou en appliquant des pesticides. On pense que les trois régions d'Afrique de l'Est, du Centre-sud et de l'Ouest conviendraient à une lutte centralisée contre la chenille légionnaire, ce qui permettrait de suivre les mouvements des chenilles légionnaires dans les zones principales.

3.3.2 Lutte stratégique

L'objectif de la lutte stratégique est d'éliminer autant de larves que possible, tôt dans la saison des pullulements, afin de réduire le nombre de phalènes susceptibles d'initier de nouveaux pullulements sous le vent dans des zones de production agricole ou de pâturage du bétail. Le but de la lutte contre ces pullulements primaires est de minimiser la propagation sous le vent des phalènes naissantes, en détruisant d'abord les pullulements les plus importants, les plus vieux et les plus denses, que ce soit sur les cultures, dans les prairies ou les pâturages. Quand les ressources sont limitées, les pullulements primaires sélectionnés pour une action prioritaire de lutte devraient être ceux que l'on considère comme ayant le plus grand potentiel de pullulements secondaires. Aux périodes et dans les zones où les premiers pullulements ont généralement lieu, on devrait intensifier les mesures de surveillance, de prévision et de lutte. Quand la saison humide est arrivée et que les invasions ont commencé, les phalènes émergent de façon relativement synchronisée de chaque site de pullulement et les pullulements deviennent alors les sources principales des phalènes qui se répandront sous les vents et causeront les pullulements suivants. Grâce à l'analyse des statistiques et des études complètes réalisées sur le terrain, on a pu obtenir les preuves de ces mouvements, ce qui servira de base à la prévision des invasions.

3.3.2.1 Prévisions

Une surveillance précise et un signalement prompt des invasions de chenilles légionnaires sont des aspects essentiels de la prévision et de la lutte. Les rapports d'expertise sont importants pour comprendre la dynamique des populations et les différentes solutions de lutte envisageables. On a beaucoup amélioré la précision des prévisions en mettant à disposition des cartes journalières des vents et des images-satellite nocturnes de la couverture nuageuse de la région. Une communication rapide et la connaissance des zones à surveiller sont essentielles à une lutte précoce contre les invasions. La nature migratoire des phalènes de la chenille légionnaire et la diffusion des pullulements d'un pays à l'autre exigent une coopération entre les différents pays pour permettre aux agriculteurs et aux différents ministères de l'Agriculture de se préparer à agir à temps pour réduire les pertes en céréales, ou les dégâts causés aux autres cultures et aux pâturages.

On a estimé que l'utilisation de seuils de populations établis pour le traitement préviennent 15% des pertes en récoltes attribuées à la chenille légionnaire. Cette stratégie exige cependant que l'on prépare des opérations de lutte contre les invasions de la larve *S. exempta*, même si elles ne sont pas d'une importance économique immédiate mais parce que leur progéniture représente une menace pour les zones de cultures

sous le vent. Les études montrent que la lutte stratégique mérite d'être considérée, surtout pendant les périodes de faible densité de population d'octobre–décembre. La lutte au sol aussi se justifie économiquement dans 20% des zones de pullulements primaires, quelle que soit la saison, étant donné qu'une lutte efficace contre les invasions sélectionnées réduira la prolifération des chenilles légionnaires.

La façon la plus efficace de surveiller les populations de chenilles légionnaires est d'utiliser des réseaux de pièges à phalènes dans chaque pays. Cela permettra de comprendre et de prédire les mouvements des populations de phalènes à l'intérieur d'un pays et entre les pays. Les deux types de pièges les plus couramment utilisés pour surveiller les phalènes de chenilles légionnaires sont les pièges lumineux et les pièges à phéromone. Les pièges à phéromone sont largement utilisés dans les réseaux de pièges et permettent d'attraper de façon sélective les phalènes mâles de la *S. exempta*. Les pièges à lumière électrique noire devraient être positionnés à l'abri du vent mais ne pas être trop protégés par les bâtiments ou les arbres et être situés à au moins 100 m des lumières artificielles. Les pièges lumineux permettent de capturer les phalènes mâles et femelles, aussi bien que de nombreux autres insectes. Les phalènes "blessées" peuvent être difficiles à identifier parce qu'elles ont pu perdre des écailles de leurs ailes. Si on ne dispose pas d'électricité, on peut utiliser des panneaux solaires qui chargent des batteries au plomb, à condition de les protéger des vols. Les opération menées avec certains pièges lumineux à l'intérieur d'un réseau peuvent permettre une meilleure compréhension des migrations des phalènes, à condition de pouvoir supporter les coûts de l'opération et d'identifier les phalènes.

Piège à phéromone.

3.3.2.2 Critères de traitement

Les invasions devraient être immédiatement signalées et, de préférence, être accompagnées d'échantillons de larves, auprès des bureaux locaux du ministère de l'Agriculture et des services nationaux de protection des plantes. Des stations du Sud-Est du Kenya, dont la ceinture côtière abrite les plus grandes populations de chenilles légionnaires de la saison creuse, ont été identifiées comme stations clés pour la prévision de l'éventuelle nécessité d'anticiper des invasions locales ou nationales. On devrait continuer de développer des systèmes de prévision et d'alerte au plan national et régional pour prévenir les agriculteurs et les gouvernements de la possibilité d'invasions imminentes. Les prévisions et les alertes peuvent comporter différents niveaux d'urgence, selon les variations de densité des populations pendant et entre les pullulements.

On peut trouver les chenilles légionnaires à des densités allant de moins d'une centaine à plusieurs centaines de larves au mètre carré (m^2) et excédant occasionnellement les 1000 au m^2. Plusieurs invasions peuvent se produire simultanément mais elles sont rarement continues, ce qui rend difficile la délimitation de leurs frontières et l'estimation de la taille de la zone infestée. Les invasions peuvent se produire sur une zone très étendue, au sein de laquelle les concentrations varient grandement.

Le seuil provisoire pour le traitement du maïs a été fixé de la façon suivante : présence de 200 larves en phase 2, de 80 larves en phase 3 ou de 20 larves en phase 4 pour 100 plantes qui en sont au début du stade de verticille ou à la 4^e, 5^e ou 6^e floraison du développement de la plante. Pour le sorgho, le millet, le riz et le teff, les pertes en récoltes peuvent être faibles si les dégâts sont causés avant la phase de croissance des grains. Etant donné que les dégâts causés aux pâturages et aux aires de pacage peuvent être importants, la production de bétail peut aussi en être affectée. Des changements dans la composition et la qualité du fourrage, dus aux invasions de chenilles légionnaires, peuvent avoir pour conséquence de plus grandes proportions de plantes à feuilles larges, moins nourrissantes, surtout dans les zones surpâturées et en période de sécheresse. D'abondantes pluies sont nécessaires pour que les pâturages récupèrent rapidement. En général, les mesures de lutte ne sont pas recommandées pour les prairies, sauf si les quantités de larves dépassent les 10/m^2.

3.3.2.3 Méthodes culturales de lutte

A tous les stades, si les larves viennent de cultures ou d'herbes adjacentes vers une culture céréalière, on peut les combattre en creusant un fossé d'une profondeur suffisante pour retenir l'eau pendant plusieurs heures, tout en empêchant un drainage ou une filtration rapide entre les deux champs, et en le gardant plein d'eau jusqu'à ce que la migration s'arrête. Les cultures de maïs de plus de 50 centimètres de haut sans mauvaises herbes ont peu de chances d'être infestées par des larves nouvellement écloses parce que les feuilles sont trop dures pour leur permettre de s'y établir. Cependant, si les larves se développent sur les mauvaises herbes, les champs de maïs risquent également de subir plus tard des invasions. On conseille aux agriculteurs de désherber régulièrement leurs cultures sans pour éviter les invasions. Néanmoins, si les champs sont infestés, on devrait y laisser les mauvaises herbes comme alternative ou source d'alimentation préférée par les larves, ce qui pourrait les dissuader de se déplacer vers une autre culture.

3.3.2.4 Méthodes biologiques de lutte

A tous les stades, la chenille légionnaire peut être attaquée par ses ennemis naturels. Ces ennemis, ou agents de bio-contrôle, ne peuvent supprimer efficacement les populations de chenilles légionnaires que si les uns et les autres se reproduisent continuellement dans la même zone. Cela permet aux populations de parasites et de prédateurs d'établir un équilibre naturel avec les chenilles légionnaires. Néanmoins, les phalènes de la chenille légionnaire sont des migrateurs et leurs pullulements restent sporadiques, rapides et surviennent souvent dans des zones très distantes les unes des autres. On ne pourra donc probablement

pas utiliser ses ennemis naturels pour combattre la chenille légionnaire, étant donné le temps qu'il faut aux prédateurs et aux parasites pour se multiplier jusqu'à un niveau efficace de lutte biologique.

On connaît un grand nombre d'insectes parasites de la chenille légionnaire, surtout au stade larvaire. On a enregistré **28 espèces de mouches tachinidae et 25 espèces d'hyménoptères ou de guêpes**, à tous les stades de la chenille légionnaire. **Les fourmis et les coléoptères** sont aussi d'importants prédateurs. De plus, de nombreuses espèces **d'oiseaux** se nourrissent de larves au moment des pullulements. Quelquefois, on peut reconnaître les pullulements eux-mêmes en observant les concentrations d'oiseaux, tels que les cigognes blanches (d'Europe), les cigognes d'Abdim ou les marabouts d'Afrique.

De nombreux tests d'efficacité ont été conduits sur le ***Bacillus thuringiensis* (Bt)** pour la lutte biologique contre la chenille légionnaire d'Afrique. On a collecté des isolats de Bt sur le sol, au Kenya et en Israël, et on les a testés avec succès en laboratoire. Depuis plus de 30 ans, des produits à base de Bt sont développés par fermentation industrielle, pour la vente, et sont couramment utilisés pour lutter contre les larves de la Lepidoptera sur des cultures agricoles et en foresterie dans une bonne partie du monde. Cependant, ils sont vendus comme pesticides au même prix que de nombreux pesticides conventionnels bien qu'ils aient généralement moins d'efficacité résiduelle et un spectre d'activité plus étroit. Le maïs transgénique et les variétés de coton qui produisent de la delta-endotoxine de Bt sont disponibles dans de nombreux pays auprès de différentes compagnies qui vendent des semences. Ils sont efficaces pour lutter contre la pyrale du maïs, l'*Ostrinia nubilalis* et d'autres chenilles (Lepidoptera) du coton. Les plantes transgéniques peuvent aussi avoir un effet dans la suppression des dégâts de la chenille légionnaire sur le maïs. Cependant, leur utilisation est controversée à cause des questions d'alimentation humaine et d'allergie, des effets sur les organismes non visés et de la gestion de la résistance au Bt.

Margousier (Neem Tree) *Azadiracha indica*.

Les feuilles et, plus particulièrement, **l'huile d'arbre du margousier (Neem Tree)** ***Azadiracha indica***, possèdent des propriétés insectifuges qui interrompent la mue des insectes en inhibant la sécrétion de l'hormone ecdysone chez l'insecte. L'huile peut également servir de répulsif contre certains insectes comme le criquet pèlerin et réduire sa capacité à voler. Au moins 13 pesticides dérivés de l'azadirachtine, substance active purifiée de l'huile d'arbre du margousier, sont enregistrés par l'USEPA et sont d'une faible toxicité orale et dermique. Un seul produit à base d'hydroazadirachtine a été enregistré par l'USEPA. Les margousiers sont communs en Afrique – surtout en Afrique de l'Ouest et dans la région du Sahel. Ils poussent facilement et sont donc une source potentielle durable de pesticide indigène botanique pour lutter contre la chenille légionnaire. Ils pourraient permettre de développer une industrie locale, s'il apparaissait que l'huile de margousier, ou ses extraits d'azadirachtine, étaient économiquement intéressants. L'extraction

de l'huile à partir des pépins se fait généralement par pression mécanique, par pression vapeur ou avec l'hexane comme solvant.

La principale cause de mortalité due à la maladie est le ***S. exempta,*** qui appartient à la famille des **virus polyédriques nucléaires (NPV pour *Nuclear Polyhedrosis Virus***). Il se peut que les premières invasions de la chenille légionnaire se produisent sans que l'on observe la présence du virus, en raison d'une faible transmission parmi les populations à faible densité. Toutefois, les invasions ultérieures seront peut-être pratiquement éliminés par ce virus. Une attaque largement répandue du virus est généralement associée à un temps froid et humide.

Pour utiliser les virus polyédriques nucléaires (NPV) dans la lutte contre les invasions de chenilles légionnaires et de vers gris, on ramasse des larves infectées sur le terrain. Le NVP de la chenille légionnaire d'Afrique agit lentement et il se peut que les larves ne soient pas tuées avant que de considérables dégâts n'aient été causés aux cultures ou aux pâturages. Il est donc important d'identifier les pullulements et d'appliquer les suspensions de virus dès les premiers stades larvaires, avant que de sérieux dégâts ne soient causés aux cultures. Une étude de faisabilité de la production du NPV de la chenille légionnaire d'Afrique a conclu que le NPV pourrait être produit et formulé en laboratoire, si les fonds étaient disponibles.

Le champignon fongique le plus commun qui attaque les larves de la chenille légionnaire est le ***Nomuraea rileyi***. Quand la larve est infectée, elle monte au sommet des brins d'herbe, où elle se couvre alors de mycélium. Pour survivre, ce champignon a besoin d'une température et d'une hygrométrie élevées. Son potentiel de fermentation en milieu solide et l'utilisation de ce champignon comme biopesticide n'ont pas encore été développés.

Larve couverte de mycélium.

3.3.3 Lutte d'urgence contre les invasions

3.3.3.1 Méthodes chimiques de lutte

Seul le stade larvaire est vulnérable aux insecticides. Les oeufs sont difficiles à trouver, les chrysalides sont dans le sol et les phalènes volent durant la nuit à de faibles densités aériennes. Les chenilles légionnaires sont sensibles à une importante gamme d'insecticides et aucun rapport n'indique de résistance. Les insecticides, qu'ils soient sous forme d'appât ou de solutions à pulvériser, représentent le moyen le plus efficace de combattre les invasions de chenilles légionnaires.

Dans le passé, on a utilisé le DDT pour lutter contre les invasions de chenilles légionnaires en Afrique de l'Est. L'utilisation du DDT a créé, au niveau mondial, des inquiétudes d'ordre environnemental. Ce sont

ces dernières – et non des raisons sanitaires – qui ont conduit à l'interdiction de son utilisation. Les composés tels que le dieldrin, l'endrin et le BHC sont aussi utilisés mais ne sont pas recommandés, pour des raisons de sécurité environnementale et/ou humaine. Une ordonnance récente du Comité phytosanitaire permanent de l'Union européenne a recommandé l'interdiction du permethrin d'ici à juillet 2003.

Certains des pesticides utilisés dans la lutte contre la chenille légionnaire avaient été fournis pour combattre le criquet et la sauterelle mais n'ont pas été utilisés comme ils auraient dû l'être. Au fur et à mesure qu'ils se périmaient et que les conteneurs se détérioraient, l'élimination de ces stocks de pesticides posait des problèmes. Leur utilisation dans la lutte contre la chenille légionnaire et d'autres ravageurs pourrait être un moyen d'éliminer les produits par un usage agricole. Cependant, les étiquettes apposées sur ces conteneurs ne mentionnent généralement pas que le produit est destiné à être utilisé contre la chenille légionnaire ou d'autres ravageurs. Parfois même, les étiquettes manquent ou sont illisibles. L'élimination des stocks de pesticides périmés continue à présenter des problèmes en Afrique. En fournissant de nouveaux pesticides – dont les propriétés permettraient une utilisation contre des ravageurs autres que les criquets et les sauterelles – on pourrait contribuer à la suppression des problèmes d'élimination des stocks, grâce à une application appropriée à la lutte contre les ravageurs, avant que les produits et les conteneurs ne se détériorent.

Le tableau 1 dresse une liste des pesticides adaptés à la lutte contre la chenille légionnaire et fournit des informations sur les statuts actuels d'enregistrement auprès de l'USEPA et sur les restrictions d'utilisation. Ces pesticides incluent les composés organophosphoreux, les carbamates et les pyréthroïdes synthétiques. Plusieurs de ces pesticides sont efficaces quand ils sont vaporisés à des doses à volume ultra bas (ULV). La politique environnementale de l'USAID exige que tout projet soutenu par l'USAID qui implique l'approvisionnement ou l'utilisation de pesticides soit fait en accord avec les Procédures environnementales de l'USAID pour l'aide à l'étranger, *22 CFR Part 216*, section 3(b), aussi connue sous le nom " Rég. 216". Les procédures de l'USAID pour les pesticides exigent aussi que tout usage de pesticides soit limité aux produits enregistrés sans restriction par l'USEPA pour un usage similaire aux Etats-Unis. Toute utilisation d'un pesticide non conforme à ces normes doit être analysée dans un document tel que cette révision d'évaluation programmatique environnementale (PEA) ou dans un supplément à la PEA.

D'après la Section 3(b)(1)(i) du *Code 22 CFR Part 216*, quand un projet inclut une assistance pour se procurer et/ou utiliser un pesticide enregistré sans restriction par l'USEPA pour un usage identique ou similaire, l'Examen initial de l'environnement (IEE) pour le projet devra inclure une section séparée évaluant les risques et les bénéfices économiques, sociaux et environnementaux de l'usage du pesticide en question, afin de déterminer si cette utilisation peut avoir des impacts significatifs sur l'environnement. Les facteurs à considérer dans une telle évaluation devrait inclure (sans s'y limiter) :

(a) Les statuts d'enregistrement de l'USEPA du pesticide demandé ;

(b) Les raisons de la sélection du pesticide demandé ;

(c) La mesure dans laquelle l'usage du pesticide proposé fait partie d'un programme de lutte intégrée contre les ravageurs ;

(d) La ou les méthodes d'application proposées et la disponibilité du matériel approprié pour l'application du pesticide et du matériel de sécurité ;

(e) Les dangers toxicologiques aigus et à long terme pour les humains ou l'environnement, associés à cette utilisation et les mesures disponibles pour les minimiser ;

(f) L'efficacité du pesticide envisagé pour l'usage prévu ;

(g) La compatibilité du pesticide proposé avec les écosystèmes visés et non visés ;

(h) Les conditions dans lesquelles les pesticides seront utilisés, y compris le climat, la flore, la faune, la géographie, l'hydrologie et les sols ;

(i) La disponibilité et l'efficacité d'autres pesticides ou de méthodes de lutte non chimiques ;

(j) La capacité du pays demandeur à réguler ou contrôler la distribution, le stockage, l'utilisation et l'élimination du pesticide demandé ;

(k) Les dispositions prises pour former les usagers et les applicateurs ; et

(l) Les dispositions prises pour surveiller l'utilisation et l'efficacité du pesticide.

Les régulateurs de croissance des insectes (IGR) se sont récemment révélés très prometteurs en laboratoire pour une utilisation contre le *S. exempta*. Les IGR sont plus efficaces quand ils sont appliqués durant les premiers stades larvaires, aussi faudra-t-il bien considérer le moment auquel on applique les pesticides. Pour certains pays africains, le coût des IGR pourrait aussi être une difficulté. De plus, il faut en vérifier l'efficacité sur le terrain.

Tableau 1. Pesticides convenant à la lutte contre la chenille légionnaire

Pesticide	Ingrédient actif enregistré	Enregistré pour la lutte contre la chenille légionnaire	Classé à usage restreint	Raisons de la restriction
Organophospates				
Chlorpyrifos*	Oui	Oui	Oui (concentré émulsifié)	Toxicité aviaire et aquatique
Fenitrothion	Oui	Non	Oui (Concentré émulsifiable et concentré soluble à 93% et liquide)	Effets nuisibles potentiels sur les espèces aquatiques et aviaires
Malathion	Oui	Oui	Oui	
Phoxim	Non	Non	–	
Pirimiphos-méthyle	Oui	Non	Non	
Tetrachlorvinphos	Oui	Non	Non	
Trichlorfon	Oui	Oui	Non	
Carbamates				
Carbaryl	Oui	Oui	Non	
Pyréthroïdes synthétiques				
Cyperméthrine	Oui	Oui	Oui (toutes préparations)	Oncogénicité, dangers pour les organismes non visés
Deltaméthrine	Oui	Oui	Oui (concentrés émulsifiables)	Forte toxicité pour les organismes aquatiques
Fenvalerate	Oui	Oui	Oui (concentrés émulsifiables)	Effets nuisibles possibles sur les organismes aquatiques
Perméthrine	Oui	Oui	Oui (toutes préparations)	Oncogénicité, forte toxicité pour les organismes aquatiques

* On supprime maintenant de nombreuses utilisations du chlorpyrifos en raison d'une révision de la *Food Qualtiy Protection Act*. On ne sait pas avec certitude si les utilisations contre la chenille légionnaire seront toujours possibles après les suppressions de la fin 2000. Source de la liste des pesticides : Le Manuel de référence de la chenille légionnaire d'Afrique, 1997, Organisation de lutte contre le criquet pèlerin en Afrique de l'est (DLCO-EA), Addis Ababa, Ehtiopie ; tableau 9. Source des autres informations : *National Pesticide Information Retrival System (*NPIRS), voir : http://ceris.purdue.edu/npirs/index.html.

3.3.4 Lutte intégrée contre la chenille légionnaire (IPM)

La lutte intégére contre les ravageurs (IPM) est une approche globale de la lutte contre la chenille légionnaire d'Afrique, et non pas une méthode de lutte alternative. Elle implique toute une variété de méthodes et permet de minimiser les risques d'effets néfastes sur la santé et l'environnement.

L'IPM contre le *S. exempta* est basée sur la régularité des inspections, la surveillance, la prévision des invasions, l'identification des espèces de ravageurs, la délimitation des zones d'invasion et l'établissement de seuils économiques et qualitatifs, ou autres seuils, au dessus desquels les invasions deviennent intolérables. L'IPM répond aux invasions identifiées par la surveillance, lorsque celles-ci atteignent les seuils de lutte mécanique ou culturale et biologique et utilise des moyens de lutte chimique seulement quand ils sont nécessaires. Elle sélectionne alors ceux qui nuisent le moins à l'homme et à l'environnement mais qui sont néanmoins rentables.

L'IPM implique une évaluation du risque de toxicité et d'exposition associé à tout pesticide chimique ou non-chimique, pour s'assurer que l'alternative utilisée représente la toxicité la plus faible possible et a le moins de risques d'effets néfastes. L'IPM commence par une planification et une préparation minutieuses. Les conditions de croissance doivent être optimisées pour promouvoir des cultures saines capables de tolérer la présence de quelques ravageurs et maladies sans pour autant que les récoltes soient sévèrement touchées. Un entretien soigneux (arrosage, fertilisation, taille et élagage) est important pour maintenir des cultures saines. On peut procéder à un désherbage manuel alors qu'une taille correcte peut aider à lutter contre d'autres mauvaises herbes. Les agents biologiques de lutte, tels que les agents pathogènes pour insectes, les parasites et/ou les pièges, peuvent être utiles. Quand on utilise des pesticides, il faut prendre en considération les impacts potentiels sur les humains**,** les espèces non visées et les ressources naturelles.

3.4 Impacts sur l'environnement

Le tableau 2 résume la toxicité des pesticides proposés dans la lutte contre la chenille légionnaire sur les organismes non visés. Les pesticides organophosphates (OP) et les carbamates utilisés dans la lutte contre la chenille légionnaire sont des neurotoxiques puissants inhibiteurs de la cholinestérase qui présentent des risques toxiques aigus et chroniques – voire mortels – sur les humains et les organismes non visés. Les humains ou les organismes non visés pourraient être exposés au pesticide en diverses circonstances, pendant :

- le transport – accident du véhicule suivi d'une fuite,
- le stockage – conteneurs qui se détériorent et fuient,
- l'utilisation de conteneurs de pesticides vides pour stocker des denrées alimentaire, de l'eau potable ou de la nourriture pour animaux,

- le versement, le pompage, la dilution et le mélange des pesticides, ce qui peut avoir pour résultat une exposition par contact ou par inhalation, aussi bien qu'un renversement et une contamination du sol, des eaux souterraines et de surface,

- l'application ou l'aspersion de pesticides, ce qui peut conduire à une exposition par contact ou par inhalation, à cause de systèmes de diffusion mal entretenus, mal calibrés et qui fuient, montés sur sacs à dos, sur camions ou sur avions,

- l'utilisation d'un équipement personnel de protection insuffisant ou mal entretenu, incluant les appareils respiratoires, les cartouches, les gants, les bottes, les tabliers et les vêtements de dessus, ce qui peut conduire à une exposition par contact ou par inhalation,

- la consommation de récoltes par les humains, le bétail, la faune ou les oiseaux avant que les résidus des pesticides ne soient décomposés ou que l'effet soit dissipé, ce qui peut provoquer une exposition alimentaire et des effets toxiques,

- l'écoulement provenant de cultures traitées peut contaminer l'eau et ainsi rendre impropre à la consommation l'eau potable, les poissons et les coquillages ; empoisonner les poissons et les invertébrés aquatiques,

- un mauvais stockage et une mauvaise élimination des surplus ou des insecticides périmés, ce qui peut causer une exposition par contact ou par inhalation, contaminer l'air et l'eau ; les procédures normales d'élimination étant trop coûteuses pour la plupart des pays africains, et ;

- le stockage des pesticides dans des endroits facilement accessibles, ce qui peut conduire à un empoisonnement accidentel des enfants, des animaux domestiques, du bétail et à des actes de malveillance.

Vous trouverez ci-après une liste des pesticides utilisés dans la lutte contre la chenille légionnaire d'Afrique, des informations importantes sur la toxicité et la bio-accumulation et des mots clés qui indiquent globalement la toxicité relative de chaque pesticide. Cette liste de pesticides est tirée du Manuel de référence de la chenille légionnaire d'Afrique (Rose et al., 1997), et contenu dans le tableau 9 intitulé *"Quelques pesticides qui conviennent à la lutte contre la chenille légionnaire, suggestions de taux d'application et délais d'attente (avant le pâturage), d'après les recommandations "tous usages" des fabricants"*. La toxicité des pesticides pyréthroïdes synthétiques est généralement moins forte que celle des organophosphates (OP) et des carbamates. Toutefois le prix des pesticides pyréthroïdes est en général beaucoup plus élevé. En tant que classe, ils sont connus pour leur toxicité vis-à-vis des poissons et des invertébrés aquatiques à de très faibles niveaux d'exposition.

Comme les OP et les carbamates, les pyréthroïdes synthétiques sont des pesticides à large spectre et affectent certains insectes utiles tels que les abeilles, d'autres pollinisateurs, prédateurs et parasites

d'insectes. Une exposition continue avec un équipement personnel de protection inappoprié peut aussi conduire à des réactions de toxicité aiguë et chronique chez l'homme. A la différence des OP, on ne peut pas se procurer facilement d'antidote pour les pyréthroïdes synthétiques.

Les régulateurs de croissance des insectes ont généralement une toxicité faible pour les mammifères et les oiseaux mais certains d'entre eux affectent les invertébrés utiles non visés, à de très faibles doses. Ils sont généralement plus coûteux que les OP et les carbamates dont on dispose plus couramment. Les phéromones aliphatiques à chaîne droite de la Lepidoptera ont été exemptées de bon nombre de tests toxicologiques réglementaires exigés par l'USEPA car elles ne présentent – en tant que classe – pratiquement aucune toxicité pour les mammifères, les oiseaux et les invertébrés non visés.

Cinquante-sept phéromones de type Lepidoptera ont été enregistrées par l'USEPA, dont deux pour la noctuelle de la betterave (*Spodoptera exigua)*, étroitement apparentée à la chenille légionnaire d'Afrique. Parmi les six phéromones connues pour la chenille légionnaire d'Afrique, seules deux sont enregistrées auprès de l'USEPA. Pour de plus amples renseignements, voir : http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/factsheets/lep-list.htm.

Les insecticides sous forme d'appât ou les autres agents de lutte biologique représentent un moyen de diffuser stratégiquement leur substance active auprès des insectes visés, tout en réduisant les risques potentiels d'exposer les humains et les organismes non visés. Les appâts nécessitent généralement de plus faibles quantités de substance active par hectare traité que les applications actuelles faites par pulvérisation. Le développement de formules d'appâts particulièrement attractifs pour combattre les larves de la chenille légionnaire d'Afrique serait une approche envisageable, tout en réduisant quelque peu les risques. Toutefois, de tels appâts peuvent attirer les oiseaux et d'autres espèces animales ou pourraient être consommés par inadvertance par les animaux domestiques, le bétail ou même les humains. Les quelques risques afférents à l'utilisation des appâts devraient être soigneusement pesés par rapport à ses avantages.

Tableau 2a. Toxicité pour les organismes non ciblés (pesticides envisagés par l'USAID pour la lutte antiacridienne)

Pesticide	Poissons	Invertébrés (dont les abeilles)	Oiseaux	Mammifères	Accumulation biologique	Persistance	Mot indicateur*
Carbaryl	F†	F	F	F	F	F	P
Chlorpyrifos	M†	M	M	M	M	F	A
Fenitrothion	F	E	E	F	M	F	A
Malathion	F	F	M	F–M	F	F	P

Tableau 2b. Toxicité pour les organismes non ciblés (autres pesticides non envisagés par l'USAID pour la lutte antiacridienne)

Pesticide	Poissons	Invertébrés (dont les abeilles)	Oiseaux	Mammifères	Accumulation biologique	Persistance	Mot indicateur*
Cypermethrin	E†	E	F	F–M	F	F	P, A, D
Deltamethrin	E	E	F	M	F	F	P, A, D
Fenvalerate	E	E	F	F–M	F	F	P, A
Perméthrine	E	E	F	F	F	F	P, A
Phoxim‡	E	E	M	M	F	F	P
Pirimiphos-méthyl	M	E	M	F	F	F	P, A
Quinalphos‡	M	E	M	M	F	F	A
Tetrachlorvin-phos	M	M	F	F	F	F	P
Trichlorfon	M	M	F	M	F	F	P, A

***** Légende des mots indicateurs :
P = Prudence ;
A =Alerte ;
D = Danger (Poison).
Les catégories s'appliquent à la toxicité relative des pesticides. La toxicité relative est fonction de la formulation et de la concentration en ingrédient actif.
† F = Faible ;
M = Modérée ;
E = Elevée (s'applique aux niveaux de toxicité pour les organismes non visés, à la bio-accumulation et à la persistance.)
‡ N'a pas été enregistré par l'EPA pour un usage aux Etats-Unis.

3.5 Conclusions et recommandations

La chenille légionnaire d'Afrique est omniprésente dans le sud du Sahara. Elle est plus courante dans l'est du continent et c'est en Afrique du Sud, en Ethiopie, au Kenya, en Tanzanie et au Zimbabwe qu'on enregistre le plus d'invasions. Le modèle des occurrences est associé à la topographie et au climat. L'USAID a décrit les effets de la chenille légionnaire au Malawi et en Namibie, en Ethiopie, en Erythrée et en Tanzanie. Au Malawi, la chenille légionnaire d'Afrique est endémique, très destructrice pour le maïs, le riz, le blé, le sorgho et le millet et engendre des pertes chaque année. Les populations sont surveillées à travers tout le pays, bien qu'on n'utilise plus les pièges à phéromone. En Namibie aussi, la chenille légionnaire peut être très destructrice pour le maïs, le sorgho et le millet. Il y a eu des invasions localisées de 1993 à 1996 mais peu d'activité en 2000. La surveillance par les pièges à phéromone a été interrompue mais elle reprendra. En effet, le gouvernement de Namibie souhaite accroître les capacités de protection des récoltes. Il a été décidé de ne lutter contre la chenille légionnaire que dans les zones de production de cultures, et non pas sur les prairies, au Malawi (USAID, 1997) et en Tanzanie (USAID, 1995). La rentabilité des multiples applications de pesticides traditionnels devrait conduire à une décision de cette nature. Toutefois, la surveillance et un timing stratégique de l'utilisation, associés aux alternatives IPM de lutte biologique, pourrait justifier la reconsidération de quelques-unes des actions de lutte dans les prairies.

Les phéromones de la chenille légionnaire d'Afrique sont bien identifiées, reproduites et utilisées avec succès dans les pièges à phéromone pour surveiller les populations de phalènes mâles, dans le but de prédire les invasions. D'autres phéromones de Lepidoptera sont utilisées pour de vastes applications régionales pour interrompre l'accouplement, en faisant passer les phéromones de l'air ambiant à un niveau qui rend les mâles incapables de localiser les femelles. Cette technique déroutante peut également être utile pour la *S. exempta.*

Les agents biologiques de lutte identifiés pour la chenille légionnaire d'Afrique n'ont pour ainsi dire aucun effet nuisible potentiel sur l'environnement ni sur les humains. Il devrait être possible de produire en grande quantité le *Nomuraea rileyi* par fermentation sur support solide, comme il a été possible de le faire pour la *Beauveria bassiana* et *le Metarhizium anisopliae,* pour produire des produits pesticides fongiques pathogènes pour les insectes. Le *Bacillus thuringiensis* (Bt) est commercialisé et plusieurs produits sont mondialement disponibles auprès d'au moins trois fabricants. La plupart de ces produits sont à base du *B.t.* subsp./var. *kurstaki,* Sérotype H 3a3b, mais le *B.t.* var. *aizawai* Serotype H 7 s'avère encore plus efficace sur le *Spodoptera* spp. Les produits Bt sont généralement plus efficaces sur les jeunes larves Lepidoptera et ont un faible effet résiduel. L'application de Bt sur les stades larvaires tardifs ne devrait pas être très efficace ; le moment de l'application est donc essentiel.

Le coût des agents de lutte biologique peut être plus élevé que celui des insecticides chimiques conventionnels, surtout si leur production demande beaucoup de main d'oeuvre, de matériel et de technicité. Le NPV *S. exempta* peut être efficace mais, comme la production de culture de tissus in vitro est très technique et coûte excessivement chère, aucun NPV n'a réussi à s'imposer en tant que bio-pesticide qu'on pourrait utiliser de façon régulière. Cependant, le NPV se prête à une production artisanale.

Pour préparer une solution à pulvériser, on peut en effet ramasser les larves mortes dans les champs, les mettre dans de l'eau, filtrer le tout et procéder à la pulvérisation. Cette préparation a été nommée – c'est un euphémisme – "le milkshake vert" (ce qui pourrait mener à une consommation par inadvertance des agents pathogènes humains facultatifs qui se trouvent dans les cadavres des chenilles, provenant d'un conteneur de bio-pesticides étiqueté "milkshake vert", surtout s'il est réfrigéré avec d'autres produits alimentaires pour prolonger sa conservation).

Les agents itinérants (*field officers*) ont la responsabilité de s'assurer que toutes les précautions sont prises pour éviter les risques d'empoisonnement à l'insecticide. Les personnes effectuant l'aspersion devraient être conscientes des dangers potentiels, non seulement pour les humains et les animaux mais aussi pour l'eau stagnante, les ruisseaux et les rivières, les zones de captage des eaux, les parcours, les abeilles, les autres insectes utiles et pour les autres espèces non visées telles que les oiseaux, les poissons, les crustacées et autres éléments de la faune.

Dans l'Evaluation programmatique environnementale de l'USAID de 1989 se trouvaient un certain nombre de recommandations programmatiques pour la lutte antiacridienne en Afrique et en Asie. Ces recommandations d'origine, qui s'appliquent à la lutte contre la chenille légionnaire d'Afrique, ont été révisées et sont comprises dans le résumé analytique de ce rapport. Les recommandations spécifiques suivantes s'appliquent à la chenille légionnaire d'Afrique :

1. Il est recommandé à l'USAID de continuer sa participation à la lutte antiacridienne. Sur le plan opérationnel, l'approche adoptée devrait évoluer vers une méthode IPM.

Commentaires et recommandations :

Bien que cette recommandation ne s'applique pas uniquement à la chenille légionnaire d'Afrique, une approche IPM est aussi recommandée pour cette dernière. Cette approche IPM de la lutte contre la chenille légionnaire doit comprendre les éléments suivants :

- Education, formation ou vulgarisation informelles : un des composants importants des programmes d'aide agricole pour la lutte contre la chenille légionnaire d'Afrique consiste à communiquer des informations pratiques aux agriculteurs pour les aider à identifier le ravageur, à connaître sa biologie de base, à anticiper et préparer la lutte contre les invasions, à être capables de s'organiser entre eux pour se préparer à une telle urgence et à savoir comment utiliser les méthodes et le matériel de lutte contre les ravageurs de façon rentable, tout en minimisant les risques pour les humains et pour l'environnement.

- Surveiller les augmentations significatives des populations de larves en phase solitaire.

- Etablir une corrélation entre les données relatives à la surveillance de la chenille légionnaire et les facteurs climatiques, sur une période suffisamment longue pour développer de meilleurs systèmes de prévision.

- Surveiller les phalènes migratrices grâce à des pièges à phéromones sélectifs, par des méthodes visuelles et autres.

- Etablir des seuils d'action pour les phalènes adultes.

- Evaluer la rentabilité et la sécurité, pour l'homme et pour l'environnement, des techniques de perturbation de l'accouplement par les phéromones en flocons, en granulés ou par d'autres méthodes, utilisées pour de grandes surfaces, qui permettent d'inhiber l'accouplement et l'oviposition.

- Surveiller la rentabilité et la sécurité humaine et environnementale de toutes les actions de lutte.

- Surveiller les populations de larves en phase migratoire dans les cultures ou les pâturages critiques.

- Etablir, si nécessaire, des seuils d'action pour les larves migratrices en phase larvaire.

- Evaluer/développer l'azadirachtine (ou huile de margousier) tirée des graines d'arbres de margousiers locaux par extraction et préparation (travail réalisé par une entreprise ou une organisation locales).

- Evaluer/développer le *Nomeura rileyi* et/ou d'autres agents entomopathogènes naturels qui peuvent être produits localement sans risques et avec efficacité en utilisant des produits ou sous-produits agricoles. Le *Nomeura rileyi* est un deutéromycète fongi imperfecti (champignon imparfait), tout comme la *Beauveria bassiana* et le *Metarhizium anisopliae*, lesquels sont produits en grosses quantités par fermentation sur un support semi-solide. Le "Mermelbat" ou le "mini-Mermelbat", ramasseurs de spores, sont des appareils Mycoharvester (servant à ramasser les spores), utilisés pour séparer la conidia et les spores du support de fermentation solide. Ils sont disponibles chez LUBILOSA pour environ 6 500 dollars US.

- Evaluer/développer la NPV de la chenille légionnaire, collectée localement sur des larves et explorer les possibilités d'une production locale.

- Effectuer des recherches, encourager et promouvoir l'utilisation des cultures comme pièges/barrières ainsi que les cultures intercalaires, en vue d'une lutte culturale.

2. Il est recommandé de lancer un programme d'établissement d'inventaires et de cartes, afin de déterminer l'étendue et les limites des zones écologiquement fragiles.

Commentaires et recommandations :

Un tel programme, qui permet d'idenifier les zones écologiquement fragiles, nécessitera de la part des différents pays sujets aux invasions d'acridiens et de chenilles légionnaires qu'ils s'accordent entre eux pour établir des normes de définition des "Zones écologiquement fragiles." En plus de celles qui sont déjà identifiées, enregistrées et marquées, il faudrait faire une étude géographique et écologique complète pour situer et rapporter sur une carte les autres zones similaires, en fonction des critères qui auront été établis. Probablement que de telles zones d'Afrique, qui abritent une faune abondante, représentent aussi un potentiel agricole. Dans l'éventualité d'un empiétement agricole humain sur ces zones écologiquement sensibles, il faudrait développer et mettre en oeuvre des stratégies de lutte – appropriées et efficaces – contre les ravageurs afin de protéger les cultures et préserver l'intégrité de ces habitats.

3. Il est recommandé d'élaborer un système d'inventaire dynamique des stocks de pesticides chimiques.

Commentaires et recommandations :

- Construire des installations locales permettant de bien gérer et de stocker en toute sécurité les pesticides.
- Contrôler l'inventaire par le principe du "premier entré, premier sorti" (FIFO). Limiter la durée du stockage à la durée de stabilité du produit.
- Eliminer les insecticides non utilisés selon les instructions.
- Eliminer les conteneurs de pesticides selon les instructions écrites et NE PAS LES UTILISER POUR CONTENIR DE LA NOURRITURE OU DE L'EAU.

Elimination appropriée
des conteneurs de pesticides.

- Fournir un équipement personnel de protection adéquat.

4. Il est recommandé à l'USAID de jouer un rôle actif en aidant les pays hôtes à identifier des alternatives d'utilisation ou d'élimination des stocks de pesticides.

Commentaires et recommandations :

- Eliminer les pesticides non utilisés selon les instructions.

- Eliminer les conteneurs de pesticides selon les instructions et NE JAMAIS LES UTILISER POUR STOCKER DE LA NOURRITURE, DE L'EAU OU DE LA NOURRITURE POUR LES ANIMAUX.

- Fournir un équipement personnel de protection adéquat.

- L'incinération et l'enfouissement des pesticides en Afrique peut produire une contamination environnementale en raison du manque de ressources techniques, matérielles et financières. Il faudra peut-être retourner les pesticides inutilisés au fabricant, si celui-ci les accepte, ou les diriger vers une installation d'incinération compétente, pour qu'ils y soient correctement éliminés. Les coûts de ramassage, d'emballage, d'expédition et d'incinération sont très élevés et demanderont donc une aide externe.

5. Il est recommandé de solliciter la FAO, agence jouant un rôle prépondérant dans la lutte contre les ravageurs migrateurs, pour qu'elle établisse un système d'inventaire de la main-d'oeuvre, des procédures et de l'équipement.

Commentaires et recommandations :

Les organisations établies qui font de la recherche sur la chenille légionnaire d'Afrique et/ou ont des programmes de lutte doivent collaborer entre elles et travailler de façon coordonnée. Celles-ci comprennent les agences gouvernementales nationales et les organisations régionales telles que la DLCO-EA, l'IRLCO-CSA, l'EAAFRO, l'Institut international d'agriculture tropicale, de nombreux programmes de donateurs des pays développés et l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. La coordination et la collaboration devraient être facilitées par le parrainage de réunions régionales et grâce à des moyens financiers et la formation nécessaires à l'amélioration de la communication électronique. La FAO, en tant qu'agence leader de lutte contre les ravageurs migrateurs, devrait assumer cette responsabilité mais, en l'absence de suivi, ce rôle pourrait être envisagé dans les initiatives de l'USAID.

6. Il est recommandé de ne pas appliquer de pesticides dans les zones écologiquement fragiles ni à proximité d'habitations humaines.

Commentaires et recommandations :

Les différents pays impliqués devront définir et accepter mutuellement des critères normalisés de définition des zones écologiquement fragiles. Les zones devront être recensées et cartographiées. On devra y déterminer l'étendue des incursions agricoles. Si on utilise des pesticides chimiques conventionnels dans des zones écologiquement sensibles et à proximité d'habitations humaines, il faudra les remplacer par des alternatives rentables – culturales, biologiques ou à risques réduits – dans les programmes IPM. Mais ces

alternatives aux pesticides doivent être efficaces et leur coût raisonnable. Des zones tampons de 2,5 km sont bien supérieures aux zones tampons exigées par l'USEPA et ne seront peut-être pas pratiques quand les cultures sont situées à proximité de zones d'eau ou d'un système d'irrigation. A moins d'utiliser des appareils aériens à ailes fixes pour répandre les pesticides à proximité d'habitats sensibles et fragiles, les zones tampons établies par l'USEPA et la SDTF (*Spray Drift Task Force*) peuvent être utilisées pour chaque pesticide potentiel, surtout quand on utilise des applicateurs basés au sol ou un hélicoptère pour diffuser les produits.

7. Il est recommandé d'utiliser les pesticides qui ont un impact minimal sur les espèces non visées.

Commentaires et recommandations :

- Le Malathion et le Carbaryl sont les pesticides les moins toxiques pour l'environnement utilisés dans la lutte contre la chenille légionnaire (tableau 2). Les pyréthroïdes synthétiques sont connus pour leur toxicité vis-à-vis des poissons et des invertébrés aquatiques et terrestres, bien qu'ils aient généralement une toxicité plus faible pour les mammifères et les oiseaux.

- Evaluer la rentabilité et les risques pour les humains et l'environnement des pesticides chimiques et biologiques.

- Utiliser des pesticides/biopesticides sélectifs, pour éviter tout effet nuisible indésirable.

- Evaluer les bénéfices de la lutte et les coûts comparatifs.

- Envisager la perturbation de l'accouplement par l'utilisation des phéromones sous forme de flocons, de granulés, ou de boulettes ou d'autres moyens de diffusion utilisés pour le traitement stratégique des grandes surfaces.

- Evaluer/développer l'azadirachtine (ou huile de margousier) tirée des graines d'arbres de margousiers locaux par extraction et préparation (travail réalisé par une entreprise ou une organisation locales).

- Evaluer/développer le *Nomeura rileyi* produit localement sur la base de produits ou sous-produits agricoles.

- Evaluer/développer le NPV de la chenille légionnaire, collecté localement sur des larves, mélangé avec de l'eau ou avec un autre adjuvant et filtré avant pulvérisation.

- Effectuer des recherches, encourager et promouvoir l'utilisation de cultures comme pièges/barrières ainsi que les cultures intercalaires, en vue d'une lutte culturale.

8. Il est recommandé que, dans chaque campagne de lutte, un système de suivi et d'échantillonnage des organismes « sentinelles » et de l'eau et/ou des sols fasse partie du processus, avant et après les traitements.

Commentaires et recommandations :

La surveillance des organismes non visés, de l'eau et des sols avant et après le traitement n'est pas requise aux Etats-Unis par l'USEPA, une fois que le pesticide a été enregistré et que les cultures et les taux d'application figurent sur l'étiquette. Ce genre de données et beaucoup d'autres informations concernant la toxicologie et les résidus sont nécessaires au processus d'évaluation des risques pour obtenir l'enregistrement ou le ré-enregistrement d'un pesticide auprès de l'USEPA. Beaucoup d'autres pays ont des exigences similaires en matière de données nécessaires à l'enregistrement d'un pesticide mais pas pour l'utilisation de routine après enregistrement. L'obtention de ce genre de données de routine des applications de pesticides peut être coûteuse et nécessiter du personnel formé et un équipement d'analyse sophistiqué. Bien que de telles données ne soient pas utilisées comme élément de base pour la sélection de pesticides, il est toujours utile de les avoir à portée de main, quand il est possible d'évaluer et de déterminer la sécurité et le bien-être des organismes non ciblés et de l'environnement en général.

9. Il est recommandé que la minimisation de la zone à traiter par pulvérisation soit un des critères de sélection des techniques de lutte.

Commentaires et recommandations :

La minimisation de la zone à traiter demande de connaître les limites d'une invasion, ce qui pourrait être fait par la surveillance et l'établissement d'un seuil de ravageurs spécifique à chaque culture. La corrélation des données concernant la chenille légionnaire et le climat aident aussi à établir le moment et les circonstances optimaux pour cibler les traitements. Les techniques telles que les RAAT ou les MAAS (Pulvérisation d'agent pesticide sur une zone minimisée) peuvent être essayées, pour minimiser la quantité de pesticides à appliquer aussi bien que la zone à traiter.

10. Il est recommandé d'utiliser principalement les hélicoptères à des fins de surveillance et de soutien du travail des équipes terrestres et aériennes chargées des opérations de lutte. On ne devrait conseiller d'appliquer un traitement par avion que lorsqu'une pulvérisation bien précise est nécessaire comme, par exemple, à proximité de zones écologiquement fragiles ou en cas de traitement localisé.

Commentaires et recommandations :

Une surveillance par avion ne sera pas appropriée à la chenille légionnaire d'Afrique à cause de ses vols nocturnes et de l'impossibilité de distinguer les larves sur le sol. Les hélicoptères aussi sont des appareils

complexes dont l'entretien et le fonctionnement peuvent être très coûteux. Ainsi, quand des traitements aériens sont nécessaires, on recommande plutôt les appareils à ailes fixes.

11. Il est recommandé d'employer, si possible, de petits avions plutôt que des avions à deux ou à quatre réacteurs de taille moyenne. Dans tous les cas, il faut faire appel à des sous-traitants expérimentés.

Commentaires et recommandations :

Les petits avions permettent de cibler plus facilement les zones à traiter et d'éviter les dérivations

Dans beaucoup de pays, les petits appareils à ailes fixes se révèlent être plus pratiques pour un usage agricole et plusieurs appareils ont même été construits à cette intention. Ils sont plus faciles à entretenir, permettent l'application des pesticides à une altitude plus basse que les gros appareils, ciblent mieux les zones à traiter et limitent les dérivations involontaires des aspersions. Les gros appareils conviennent mieux au traitement des vastes surfaces, pour lesquelles de plus grandes capacités sont nécessaires. Il faudra aussi évaluer la rentabilité des appareils utilisés pour la lutte contre la chenille légionnaire d'Afrique par rapport aux équipements au sol. L'utilisation d'appareils aériens pour l'application de pesticides contre la chenille légionnaire demandera certainement plus d'apports financiers que ce qui est viable pour les petits agriculteurs de beaucoup de pays africains en voie de développement. Cette technologie se prête davantage aux grandes exploitations agricoles commerciales ou aux fermes communales comportant de grands champs et qui produisent des cultures de rente à grande valeur monétaire, telles que le coton.

12. Il est recommandé que toutes les opérations de lutte antiacridienne financées par l'USG qui fournissent des pesticides et d'autres produits ou qui procèdent à la pulvérisation de pesticides au sol ou par voie aérienne, y compris toute aide technique et toute expertise relative à l'évaluation environnementale, fassent partie intégrante du programme d'assistance.

Commentaires et recommandations :

L'aide technique et le savoir-faire en évaluation environnementale seraient des éléments de valeur des projets IPM pour la chenille légionnaire d'Afrique, si ce savoir-faire était renforcé par des expériences

comparables de lutte contre les ravageurs vécues dans des conditions similaires à celles des pays en voie de développement et par des évaluations environnementales spécifiques à l'Afrique.

Le manque de connaissance et d'expérience peut conduire à des recommandations et à des mises en oeuvre économiquement non réalisables, écologiquement indésirables**,** inappropriées aux circonstances locales de la communauté et non durables.

13. Il est recommandé d'étiqueter convenablement tous les conteneurs de pesticides.

Commentaires et recommandations :

Tous les conteneurs de pesticides doivent être étiquetés dans une langue couramment parlée et comprise dans la région où ils seront utilisés. Tous les conteneurs utilisés pour une diffusion secondaire ou pour d'autres préparations devraient porter le nom commun du pesticide, le pourcentage d'ingrédient actif, les précautions à prendre et les premiers soins à dispenser en cas d'empoisonnement. De façon générale, on pourrait suivre les recommandations données aux Etats-Unis dans les programmes de formation et d'application de pesticides – programmes certifiés par l'Etat.

Les conteneurs de pesticides doivent être convenablement étiquettés.

14. Il est recommandé que l'USAID fournisse une assistance aux gouvernements hôtes pour l'élimination des conteneurs vides de pesticides et des pesticides périmés ou impropres à l'usage prévu.

Commentaires et recommandations :

Nombre de pesticides périmés mal stockés en Afrique ont été fournis par diverses agences internationales de donateurs pour la lutte antiacridienne mais n'ont pas été utilisés pour différentes raisons : ils sont arrivés après la diminution des invasions ; ils sont arrivés dans des conteneurs inadéquats, avec un équipement d'application incompatible ou sans équipement ; ou, tout simplement, en trop grande quantité. Les agences de donateurs devraient être encouragées à continuer à participer à la mise en oeuvre et aux frais de ramassage, de remballage, d'expédition et d'élimination des pesticides périmés, en raison des coûts élevés engagés. L'incinération ou l'enfouissement sur place peuvent conduire à une contamination de l'environnement et de la faune et à une intoxication aiguë ou chronique chez les humains, si on ne dispose pas des ressources techniques et matérielles fiables.

15. L'USAID devrait soutenir la conception, la reproduction et la présentation de supports éducatifs pour le public (ex. : télévision, radio, affiches, brochures, etc.) concernant les mesures de sécurité à observer lorsqu'on utilise des pesticides. Les sujets abordés comprendraient, entre autres, l'utilisation sans danger de pesticides rentables, l'écologie, la lutte antiacridienne et les risques associés à l'utilisation des pesticides. Le but consiste à aider les responsables politiques et les populations locales à reconnaître les risques sanitaires liés à l'application de pesticides.
Commentaires et recommandations :

Une telle campagne publique relative aux questions de sécurité lors de l'application des pesticides peut être hors de portée d'un projet africain de lutte IPM contre la chenille légionnaire. Nous faisons néanmoins les recommandations suivantes :

Education, formation ou vulgarisation informelles : un des composants importants des programmes d'aide agricole pour combattre la chenille légionnaire d'Afrique consiste à communiquer des informations pratiques aux agriculteurs pour les aider à identifier le ravageur, à connaître sa biologie de base, à anticiper et préparer la lutte contre les invasions, à être capables de s'organiser entre eux pour se préparer à une telle urgence et à savoir comment utiliser les méthodes et le matériel de lutte contre les ravageurs de façon rentable, tout en minimisant les risques pour les humains et pour l'environnement. Les services de vulgarisation qui se concentrent sur la diffusion de telles informations pratiques appliquées aux agriculteurs, que ce soit directement ou par des activités de formation des formateurs, sont essentiels à l'efficacité et à la durabilité des programmes de développement de protection des récoltes. Il faut aussi investir dans une éducation plus poussée dans les programmes gouvernementaux, afin de renforcer les capacités des pays hôtes à dispenser des formations. Le transfert des technologies de base vers les agriculteurs des zones rurales pourraient être amélioré par un développement qui suivrait les recommandations suivantes :

(a) Observer les programmes ruraux de vulgarisation agricole d'autres pays ou régions possédant des ressources similaires qui semblent avoir réussi. Transférer les techniques qui ont contribué à ce succès.

(b) Construire des bâtiments conçus localement et correspondant aux normes de sécurité locales pour accueillir des espaces de formation et des bureaux aussi bien que pour servir d'installations sécurisées de stockage pour les pesticides et l'équipement. La construction de ces bâtiments devrait être comparable à celles des autres structures locales. Ces bâtiments devraient aussi servir à des fins de vulgarisation et d'éducation, telles que le développement d'une industrie artisanale. Ils devraient également permettre de former les agriculteurs volontaires ou de former des groupes d'agriculteurs ou de formateurs sélectionnés désireux de former, à leur tour, d'autres agriculteurs de leur région d'origine, en fonction du nombre et de l'accessibilité de ces centres dans le pays.

(c) Equiper les centres de vulgarisation en matériel de formation, tel que des supports audiovisuels appropriés, un équipement personnel de protection, un équipement d'application des pesticides,

l'enseignement de la sécurité relative à l'application des pesticides et des moyens de reconnaître un empoisonnement aux pesticides et les formations en premiers secours.

(d) Pourvoir en personnel les centres de vulgarisation : au moins une personne (à temps partiel ou à temps plein) sur le site et du personnel professionnel tournant qui pourrait visiter les autres centres de la région ou du pays. Un tel personnel itinérant, quand il est disponible, pourrait périodiquement inclure une expertise externe internationale ou régionale aussi bien que nationale – enseignants, observateurs et les précieux feed-back des agriculteurs. Ces experts peuvent, et devraient, aussi être utilisés pour des activités similaires appropriées aux questions liées aux autres ravageurs migrateurs.

(e) Prévoir des mesures incitatives, nécessaires à la pérennisation de l'activité . Cela pourrait comprendre la remise de prix de considération et des certificats pour les formateurs et/ou les personnes formées. Des mesures incitatives professionnelles seraient bénéfiques pour développer et conserver le personnel dans les centres. Cela pourrait se faire dans le cadre d'un projet national.

(f) Constituer du personnel et des programmes d'éducation, coordonner les programmes d'éducation des centres de vulgarisation par le biais des programmes nationaux bénéficiant d'une aide internationale.

16. Il est recommandé de concevoir et de développer des formations à l'intention du personnel médical dans toutes les zones où les pesticides sont fréquemment utilisés.

Commentaires et recommandations :

La mise en place de formations de reconnaissance et de traitement des empoisonnements aux pesticides à l'attention du personnel médical de toutes les zones d'Afrique où on utilise fréquemment des pesticides dépasse le cadre des activités de protection des cultures et des pâturages contre la chenille légionnaire. Toutefois, cela correspondrait à un projet international important et indépendant, à long-terme, pour les pays en voie de développement. Les intoxications aux pesticides sont monnaie courante dans les zones de production agricole d'Afrique. De nombreux hôpitaux et cliniques disposent déjà d'un certain savoir-faire dans la reconnaissance des empoisonnements et le traitement par des antidotes courants tels que le sulfate d'atropine. Bien que le facteur temps soit essentiel à la réussite de tout traitement, le transport du patient vers une clinique peut être problématique en raison des grandes distances et du mauvais état des routes. Avant d'entreprendre un tel projet, il est recommandé de conduire une étude sur les ressources déjà existantes en matière de reconnaissance et de traitement des empoisonnements aux pesticides, de façon à identifier les zones et les questions cruciales et établir les priorités.

17. Il est recommandé de fournir de grandes affiches murales à chaque centre de soins et à chaque dispensaire se trouvant dans des zones où l'on s'attend à des cas d'intoxication aux pesticides. Ces affiches décrivent – pour les différents types

d'intoxication aux pesticides – les éléments permettant d'établir le diagnostic et le traitement à suivre. Avant de procéder à des pulvérisations de pesticides, les centres et les dispensaires devraient recevoir des médicaments et des antidotes pour traiter les cas d'empoisonnement.

Commentaires et recommandations :

Il est recommandé que l'ouvrage intitulé "*Recognition and Management of Pesticide Poisonings*" [Reconnaissance et gestion des cas d'empoisonnement par les pesticides], disponible en anglais, en espagnol, en français, en arabe et dans les langues locales soit inclus dans un projet séparé de reconnaissance et de traitement des empoisonnements aux pesticides. Cet ouvrage, que vous pouvez télécharger, est disponible à l'adresse électronique suivante : http://www.epa.gov/oppfead1/safety/healthcare/handbook/handbook.htm.

18. Il est recommandé d'évaluer sur le terrain les tests actuellement disponibles pour la surveillance de l'exposition de l'homme aux pesticides. Le test de dépistage consiste à mesurer le taux de cholinestérase dans de petits prélèvements sanguins.

Commentaires et recommandations :

La précision, la fiabilité, la facilité d'utilisation et la durabilité des kits de test de niveau de cholinestérase devraient être évaluées sous contrôle, avant leur mise sur le marché. Les kits devraient être utilisés sur le terrain pour surveiller l'exposition des ouvriers ou des applicateurs d'insecticides aux organophosphates et aux carbamates inhibiteurs d'acetylcholinestérase. Le mode d'action des autres pesticides ne pourra peut-être pas être détecté par l'évaluation du niveau de cholinestérase. On est en train de développer des méthodes de détection et elles devront être soigneusement testées avant d'être utilisées dans des pays en voie développement, où des conditions difficiles prévalent.

19. Il est recommandé que les spécifications élaborées par l'USAID pour l'achat d'insecticides pour la lutte contre le criquet et la sauterelle soient adaptées à tous les insecticides.

Commentaires et recommandations :
Les spécifications des pesticides développées pour les achats de l'USAID pour la lutte contre les sauterelles ne sont pas forcément applicables à la lutte contre la chenille légionnaire ou contre tout autre insecte ravageur, en raison de leurs différences biologiques. De plus, la vulnérabilité physiologique des insectes ravageurs varie selon les pesticides. On présume que la recommandation n/19 est basée sur la sécurité humaine et environnementale plutôt que sur la rentabilité des pesticides pour différents ravageurs spécifiques. Il serait cependant préférable d'éviter les pesticides à toxicité chronique ou violente dans le

cas où il pourrait y avoir une exposition humaine, ce qui conduirait à une intoxication ou à des effets nuisibles sur les organismes non ciblés. On ne devrait pas utiliser de pesticides qui ne sont pas enregistrés aux Etats-Unis ni dans des pays de l'OCDE. Parmi ceux qui sont enregistrés par l'USEPA et les pays de l'OCDE, il faudrait lire attentivement les étiquettes pour connaître les mesures de précaution et les premiers secours les plus pratiques dans les conditions d'utilisation en Afrique. Pour réduire les risques d'accident, les pesticides devraient être sélectionnés dans les catégories de toxicité III et IV (40 CFR § 156.10) de l'USEPA ou dans les catégories de danger sanitaire III et IIB de l'OMS.

20. Il est recommandé d'élaborer des spécifications d'utilisation pour les conteneurs de pesticides.

Commentaires et recommandations :

La mise en place de l'utilisation de conteneurs de pesticides dépasse le cadre d'un projet IPM contre la chenille légionnaire d'Afrique. Les conteneurs de pesticides actuels à usage agricole aux Etats-Unis sont généralement de forte densité ou doublés de polyéthylène, de polypropylène ou d'un polymère similaire d'une capacité de 2 ½ ou d'une capacité plus faible, pour être transportés à la main. Souvent, dans les pays en voie de développement, ces conteneurs sont récupérés pour l'eau ou le fuel, ce qui pourrait conduire à des cas d'empoisonnement aux pesticides. Dans ces même pays, les bidons métalliques aussi sont recyclés, ce qui peut conduire à des empoisonnements par les pesticides. Les sacs contenant des granulés de pesticides devraient être manipulés avec précaution pour éviter qu'ils ne se rompent et ne devraient pas être recyclés en sacs à usage alimentaire. Les programmes recommandés d'éducation/d'information sur les pesticides devraient fournir des instructions pour une élimination convenable des conteneurs de pesticides.

- Construire des installations pour un stockage sécurisé et contrôlé des pesticides.
- Contrôler les inventaires par le principe du "premier entré, premier sorti" (FIFO).
- Eliminer les pesticides non utilisés selon les instructions prévues à cet effet.
- Eliminer les conteneurs de pesticides selon les instructions, NE PAS LES UTILISER POUR CONTENIR DE LA NOURRITURE OU DE L'EAU.

21. Il est recommandé que le nosema et les autres agents biologiques, tels que le margousier (Neem), soient soumis à des tests sur le terrain dans les pays prioritaires et dans les conditions observées en Afrique et en Asie.

Commentaires et recommandations *(voir la recommandation n/1)* :

- Evaluer les techniques de perturbation de l'accouplement par les phéromones en flocons, en granulés ou par d'autres méthodes pour les grandes surfaces.

- Evaluer/développer l'azadirachtine (ou huile de margousier) tirée des graines d'arbres de margousiers locaux par extraction et préparation (travail réalisé par une entreprise ou une organisation locales).

- Evaluer/développer le *Nomeura rileyi* et/ou d'autres agents entomopathogènes naturels qui peuvent être produits localement sans risques et avec efficacité, sur la base de produits ou sous-produits agricoles.

- Evaluer/développer le NPV de la chenille légionnaire, collecté localement sur des larves, mélangé avec de l'eau ou avec un autre adjuvant et filtré avant pulvérisation.

- Effectuer des recherches, encourager et promouvoir l'utilisation de cultures comme pièges/barrières ainsi que les cultures intercalaires, en vue d'une lutte culturale.

- La rentabilité de tous ces moyens d'action devrait faire l'objet d'un suivi.

22. Il est recommandé d'élaborer un programme complet de formation à l'intention du personnel des missions de l'USAID chargé des opérations de lutte. Cela impliquera, par souci d'économie, un examen des matériaux existants et de ceux qui sont en cours d'élaboration.

Commentaires et recommandations :

Education, formation ou vulgarisation informelles : un des composants importants des programmes d'aide agricole pour combattre la chenille légionnaire d'Afrique consiste à communiquer des informations pratiques aux agriculteurs pour les aider à identifier le ravageur, à connaître sa biologie de base, à anticiper et préparer la lutte contre les invasions, à être capables de s'organiser entre eux pour faire face à une telle urgence et à savoir comment utiliser les méthodes et le matériel de lutte contre les ravageurs de façon rentable, tout en minimisant les risques sanitaires et écologiques. Les services de vulgarisation qui se concentrent sur la diffusion de telles informations pratiques appliquées aux agriculteurs, que ce soit directement ou par des activités de formation des formateurs, sont essentiels à l'efficacité et à la durabilité des programmes de développement de protection des récoltes. Il faut aussi investir dans une éducation plus poussée dans les programmes gouvernementaux, afin de renforcer les capacités des pays hôtes à dispenser des formations.

23. Il est recommandé d'instituer des programmes locaux de formation en gestion de stock des pesticides, en surveillance environnementale et en santé publique.

Commentaires et recommandations :

Il est recommandé de développer et de mettre en oeuvre un procédé de recrutement et de sélection permettant de solliciter des experts suffisamment motivés et qualifiés, et disposant d'une expérience internationale dans les pays en voie de développement. Ces personnes auront déjà appris à s'adapter culturellement, à vivre et travailler dans des conditions minimales. Il serait souhaitable – mais ce n'est pas indispensable – qu'en plus de l'anglais, ils connaissent d'autres langues telles que le français en Afrique de l'Ouest, le swahili en Afrique de l'Est mais aussi des dialectes locaux. Les experts en assistance technique auront à affronter des circonstances nouvelles dans les pays en voie de développement mais si leur expérience, leur jugement et leurs capacités sont adéquats, ils sauront y faire face.

24. Quand on prévoit des équipes d'assistance technique, il est recommandé de dispenser des formations techniques intensives à court terme (dont des cours de langue si besoin est). On peut également familiariser ces équipes avec l'utilisation et la disponibilité des guides de formation.

Commentaires et recommandations :

Les experts sollicités pour une assistance technique à court terme devraient être suffisamment qualifiés pour atteindre leurs objectifs sans formation spéciale. On peut néanmoins les familiariser avec le projet de l'USAID lors des briefings oraux ou en utilisant la documentation du projet. Les personnes qui n'ont pas l'expérience requise en développement international mais qui fournissent une assistance technique à long terme, de six mois à plus d'un an, bénéficieront de formations culturellement adaptées, spécifiques au projet et de cours de langue.

25. Il est recommandé de faire des recherches sur le terrain, sur la base de chaque pays, afin de générer des données économiques, qui font cruellement défaut.

Commentaires et recommandations :

Les impacts économiques de la chenille légionnaire d'Afrique ont été décrits plus haut. C'est un ravageur migrateur sporadique, capable de détruire des cultures sur des périodes de temps relativement courtes. Les données sur les pertes économiques d'un pays peuvent varier d'une année sur l'autre, en fonction de la période et de la localisation des invasions et de la valeur de chaque culture détruite. Dans les zones de subsistance, la valeur relative des cultures pour une consommation humaine directe sera plus élevée que dans d'autres régions ayant d'abondants surplus utilisés pour nourrir le bétail. Les données économiques devront prendre en considération les besoins directs en alimentation de l'homme, ce qui peut varier d'un pays à l'autre et est difficile à mesurer en valeur monétaire. Le regroupement des données économiques agricoles peut aussi se révéler difficile dans des régions peu accessibles à cause d'une mauvaise infrastructure, de la grande diversité des langues parlées et du manque de registres. Bien que les

informations sur les pertes économiques agricoles soient utiles, leur obtention est très difficile et complexe. Aussi, est-il recommandé de conduire de telles études dans le cadre d'un projet séparé, avec la collaboration des programmes de la FAO et du gouvernement du pays.

26. Il est recommandé de ne pas appliquer de pesticide si le seuil économique prévisionnel de sauterelles et de criquets n'est pas atteint.

Commentaires et recommandations :

Les seuils économiques pour la chenille légionnaire d'Afrique varient en fonction de la valeur des cultures ou des prairies où les invasions ont lieu et sont liés à la capacité des agriculteurs à acheter et à appliquer les mesures de lutte. Les seuils recommandés – qu'ils soient supérieurs ou inférieurs à ce que les agriculteurs expérimentés de la région considèrent comme étant le plus approprié – relatifs au moment précis de l'application ou au niveau des populations à atteindre pour lancer les mesures de lutte, ne correspondront peut-être pas aux besoins ou ne seront peut-être pas adoptées par les agriculteurs indigènes. Cependant, les directives de base sont utiles pour aider les agriculteurs à reconnaître les ravageurs et la progression des dégâts, et à aider à décider du moment où il faut appliquer les mesures de lutte. Il est recommandé pour cela de :

- Surveiller les augmentations significatives des populations de larves en phase solitaire.

- Etablir une corrélation entre les données relatives à la surveillance de la chenille légionnaire et les facteurs climatiques, sur une période suffisamment longue pour développer de meilleurs systèmes de prévision.

- Surveiller les phalènes migratrices grâce à des pièges à phéromones sélectifs, par des méthodes visuelles ou autres.

27. Il est recommandé que l'USAID aide les pays hôtes à établir une réglementation pour l'enregistrement et la gestion des pesticides et à formuler des politiques environnementales.

Commentaires et recommandations :

De nombreux pays en voie de développement n'ont pas les moyens de développer et d'entretenir une agence technique gouvernementale pour l'enregistrement des pesticides et s'appuient, donc, sur les enregistrements des pays qui ont des agences d'évaluation des risques et d'enregistrement des pesticides, telles que l'USEPA. L'évaluation des risques des pesticides est un processus complexe, coûteux et technique qui demande un personnel spécialement formé à cet effet. Depuis de nombreuses années, l'USEPA fournit un label d'approbation, en cas de demande d'enregistrement d'un pesticide (certification

de l'enregistrement auprès de l'USEPA.) Cela permet aux pesticides en question d'être rapidement enregistrés dans le pays qui demande la vérification. En raison de la complexité des choses et des limites des ressources humaines disponibles au plan international pour les évaluations des risques afférents aux pesticides, plusieurs pays développés ont récemment commencé à partager leurs évaluations des risques, pour économiser des ressources en personnel. L'USAID pourrait apporter sa contribution en faisant venir du personnel de régulation des pesticides des pays en voie de développement à l'USEPA pour une formation d'initiation. Cela permettrait surtout d'aider à traduire les instructions et les précautions d'utilisation écrites sur les étiquettes des pesticides dans les langues appropriées.

Le développement de politiques environnementales a des implications politiques et pourrait être vu différemment par les pays développés et ceux en voie de développement, en fonction des ressources et du niveau de vie. Une si large recommandation, comprise dans un projet de lutte intégrée contre les ravageurs, peut permettre de propager des objectifs de lutte contre les ravageurs et susciter des controverses politiques et publiques.

28. Il est recommandé d'établir un inventaire d'utilisation des pesticides pour chaque pays. Cet inventaire engloberait tous les traitements utilisés dans les programmes agricoles et sanitaires.

Commentaires et recommandations :

Il peut être difficile de mettre en place chez les agriculteurs des pays en voie de développement l'habitude de tenir des registres. Par exemple, aux Etats-Unis, seul l'état de Californie a "un inventaire agricole de l'utilisation des pesticides". Cependant, les chiffres des importations peuvent, dans une certaine mesure, fournir des informations sur la nature et la quantité des pesticides qui entrent dans le pays mais ne donnent pas d'indication sur les transbordements ayant lieu à l'intérieur des frontières ou sur la façon dont les pesticides sont réellement utilisés dans un pays donné. Quand les pesticides sont utilisés par le ministère de l'Agriculture ou le ministère de la Santé publique, il y a peut-être des registres d'utilisation des pesticides. L'analyse de tels documents portant sur l'utilisation et la corrélation avec la perte de bio-diversité ou avec les effets sur la santé nationale, sans prise en compte des bénéfices de la lutte contre les vecteurs de maladies pour la santé humaine et de la lutte contre les ravageurs et les maladies agricoles, pourrait conduire à des conclusions et à des recommandations spéculatives. Il serait plus productif de mesurer les effets nuisibles des pesticides sur la santé humaine en analysant les incidents d'intoxication humaine par les pesticides des registres des cliniques et des hôpitaux.

29. Il est recommandé à l'USAID de produire, à l'intention de son personnel, un manuel sur les pesticides. Ce manuel serait régulièrement mis à jour.

Commentaires et recommandations :

Depuis ces dernières années, on trouve sur Internet un très grand nombre d'informations sur les pesticides. Par exemple, en cliquant sur le lien suivant : http://www.ifas.ufl.edu/~ravageur/vector, vous trouverez un manuel complet pour la formation des applicateurs certifiés de pesticides dans le domaine de la lutte contre les ravageurs et de la santé publique. Il existe des sites Internet pour des catégories spécifiques de la lutte contre les ravageurs dans le domaine agricole, structurel et autres. Ils ont été conçus pour la formation des applicateurs de pesticides. On trouve également des manuels plus basiques ou des manuels très détaillés sur l'utilisation des pesticides et les règles de sécurité qui pourraient être utiles au personnel de l'USAID. L'Agence des Etats-Unis pour le développement international doit pourvoir au besoin de son personnel en fournissant un manuel de référence à jour sur les pesticides. Le personnel de l'USAID impliqué dans les projets internationaux comprenant des pesticides devrait être familiarisé avec l'utilisation des pesticides et les règles élémentaires de sécurité. Il devrait connaître les catégories spécifiques d'utilisation des pesticides liés au projet, les étiquettes des pesticides utilisés, l'équipement d'application, les quantités à utiliser, les précautions à prendre, les procédures de notification, les facteurs de dérivation et d'écoulement, l'équipement personnel de protection approprié, l'intoxication aux pesticides et les traitements de premiers secours appropriés. La majeure partie de ces informations est déjà disponible sur Internet – la plupart en provenance des services de vulgarisation des universités Land-grant – et devrait être utilisée comme ressource par l'USAID.

30. Il est recommandé de fournir l'aide technique, l'instruction, la formation et l'équipement nécessaires aux services de protection des récoltes des pays hôtes, en vue de les rendre autonomes, à terme.

Commentaires et recommandations :
Les formations, le développement d'installations et les aspects IPM abordés dans ce rapport sont recommandés dans le but d'un développement durable et l'objectif final de réduire ou d'éliminer la dépendance vis-à-vis de l'aide externe, qu'elle soit technique, financière ou sous forme de matériel.

31. Il est recommandé de construire davantage d'installations de stockage des pesticides. En attendant, il conviendrait de prévoir la constitution d'un stock d'urgence aux Etats-Unis.

Commentaires et recommandations :

Il faut construire des bâtiments conçus localement et correspondant aux normes de sécurité locales pour accueillir des espaces de formation et des bureaux, aussi bien que pour servir d'installations sécurisées de stockage pour les pesticides et l'équipement. La construction de ces bâtiments devrait être comparable à celles des autres structures locales. Ils devraient aussi être utilisés à des fins de vulgarisation et d'éducation, telles que le développement d'une industrie artisanale. Ces centres de vulgarisation devraient également permettre de former les agriculteurs volontaires ou des groupes d'agriculteurs ou de formateurs

sélectionnés, qui voudraient, à leur tour, former d'autres agriculteurs de leur région d'origine, en fonction du nombre et de l'accessibilité de ces centres dans le pays. Leur emplacement devrait être choisi en fonction des besoins et des ressources des populations rurales mais ne devrait pas se situer à plus d'un jour de déplacement, pour la majorité de la population rurale. On devrait construire quelques-unes de ces installations comme projet pilote, pour en mesurer la faisabilité.

Les stocks d'urgence des Etats-Unis devraient convenir à de grands programmes d'aide externe coordonnés. Toutefois, cela n'est ni pratique ni avantageux pour une utilisation durable des pesticides.

32. Il est recommandé à l'USAID de décider si elle veut continuer de financer les activités de prévision et de télédétection ou si elle préfère utiliser le programme d'alerte précoce de la FAO.

Commentaires et recommandations :

Bien que ces recommandations pour les activités de prévision et de télédétection concernent tout d'abord les sauterelles, on peut faire quelques analogies avec la chenille légionnaire d'Afrique. Ce rapport fait les recommandations suivantes :

- Surveiller les augmentations significatives des populations de larves en phase solitaire.
- Surveiller les phalènes migratrices grâce à des pièges à phéromones sélectifs, par des méthodes visuelles ou autres.
- Surveiller les populations de larves en phase migratoire dans les cultures sensibles.
- Etablir une corrélation entre les données relatives à la surveillance de la chenille légionnaire et les facteurs climatiques, sur une période suffisamment longue pour développer de meilleures systèmes de prévision.

33. Dans les pays qui participent à des opérations de lutte antiacridienne, il est recommandé de mener une série d'études épidémiologiques, dans les zones où l'exposition de l'homme aux pesticides est importante.

Commentaires et recommandations :

Les études de cas-témoin peuvent exiger beaucoup de ressources et s'avérer très coûteuses durant les campagnes opérationnelles du lutte contre les ravageurs migrateurs, au moment où les chargeurs-mixeurs et les applicateurs de pesticides sont susceptibles d'être exposés de façon répétée sur une période de temps relativement courte. Faire des tests pour les pesticides sur les humains peut aussi être sujet à

controverse sur le plan éthique. La plus grande partie de la surveillance des effets des pesticides classiques sur les hommes est limitée aux seuls organophosphates et aux carbamates inhibiteurs de cholinestérase et ne peut pas être faite pour les autres classes de pesticides, telles que les pyréthroïdes synthétiques et les IGR. En raison du manque d'équipement et d'expertise localement disponibles, il peut être difficile de surveiller les résidus se trouvant sur les vêtements protecteurs. Par ailleurs, l'envoi outre-mer d'échantillons peut prendre beaucoup de temps et être coûteux et ainsi empiéter sur les ressources du projet prévues pour une lutte opérationnelle contre les ravageurs. Les pratiques intensives d'utilisation des pesticides d'une campagne de lutte contre les ravageurs ne sont pas représentatives d'une utilisation typique et durable dans les pays en voie de développement. On peut se procurer facilement des informations représentatives des intoxications aux pesticides auprès des cliniques et des hôpitaux qui traitent les populations rurales.

Dans les pays développés, il arrive aux médecins de confondre les symptômes d'une intoxication aux pesticides avec d'autres maladies. Il serait difficile d'établir une corrélation directe avec d'autres maladies indigènes ou d'autres conditions humaines. Cela pourrait conduire à des conclusions subjectives ou erronées dues au manque de données statistiquement valides.

34. Il est recommandé de faire de la recherche appliquée sur l'efficacité de différents pesticides et régulateurs de croissance, ainsi que sur leur application.

Commentaires et recommandations (voir la recommandation n/ 21) :

- Evaluer les techniques de perturbation de l'accouplement par les phéromones en flocons, en granulés ou par d'autres méthodes utilisées pour les grandes surfaces.

- Evaluer/développer l'azadirachtine (ou huile de margousier) tirée des graines d'arbres de margousiers locaux par extraction et préparation (travail réalisé par une entreprise ou une organisation locales).
- Evaluer/développer le *Nomeura rileyi* et/ou d'autres agents entomopathogènes naturels qui peuvent être produits localement sans risques et avec efficacité, sur la base de produits ou sous-produits agricoles.

- Evaluer/développer le NPV de la chenille légionnaire collecté localement sur des larves, mélangé avec de l'eau ou avec un autre adjuvant et filtré avant pulvérisation.

- Effectuer des recherches, encourager et promouvoir l'utilisation de cultures comme pièges/barrières ainsi que les cultures intercalaires en vue d'une lutte culturale. Cela pourrait se faire de façon artisanale.
- La rentabilité de tous ces moyens d'action devrait faire l'objet d'un suivi.

35. Il est recommandé de faire de la recherche appliquée sur l'utilisation du margousier (Neem) en tant qu'anti-appétant.

Commentaires et recommandations (voir la recommandation n/34) :

Evaluer/développer l'azadirachtine (ou huile de margousier) tirée des graines d'arbres de margousiers locaux par extraction et préparation (travail réalisé par une entreprise ou une organisation locales).

36. Il est recommandé d'effectuer des recherches pour identifier les meilleures techniques d'évaluation des impacts des organophosphates employés dans la lutte antiacridienne en relation avec l'utilisation d'organophosphates et d'autres produits chimiques pour d'autres programmes de lutte contre les ravageurs.

Commentaires et recommandations :

En raison de leur utilité et de leur faible coût, par rapport aux nouvelles classes de pesticides, les organophosphates devraient continuer à être utilisés en agriculture et en santé publique pendant un certain temps. Bien qu'il existe quelques inhibiteurs de cholinestérase puissants, d'autres, tels que le malathion, ne sont pas aussi sûrs que les pyréthroïdes synthétiques et peuvent avoir moins d'impacts environnementaux. Vous pouvez trouver des évaluations des risques pour la santé environnementale et humaine, pour un certain nombre de pesticides organophosphates à l'adresse Internet suivante : http://www.epa.gov/pesticides/op/status.htm.

L'évaluation des impacts environnementaux des pesticides utilisés dans des programmes étendus implique de surveiller la mortalité des populations naturelles en s'assurant que la cause de la mortalité est l'empoisonnement par les pesticides. Il est très difficile de trouver des oiseaux morts récemment dans leur habitat naturel, étant donné qu'ils sont mangés par un prédateur ou décomposés très rapidement. Il en va de même pour les poissons, également difficiles à trouver en raison de leur disparition rapide due aux prédateurs ou parce qu'ils coulent et se décomposent. La vérification scientifique du fait que la faune a été tuée par les organophosphates ne peut se faire que par des analyses chimiques. Cela exige un équipement et un savoir-faire qui ne sont pas toujours disponibles dans les pays en question. L'expédition d'échantillons à l'étranger pour des analyses pourrait être entravée par le temps de transit et le manque de moyens permettant de garder les échantillons stables à de basses températures. Si ces circonstances sont réunies, on peut envoyer des échantillons à des laboratoires locaux ou régionaux, par exemple, le CERES-LOCUSTOX, laboratoire écotoxicologique/toxicologique situé à Dakar, au Sénégal.

37. Il est recommandé à l'USAID d'élaborer, sur la base des recommandations précédentes, un plan d'action de mesures pratiques permettant de fournir aux missions sur le terrain des directives en matière de lutte antiacridienne.

Commentaires et recommandations :

Les recommandations précédentes ont été revues et certaines se sont révélées impraticables et coûteuses à mettre en oeuvre dans certains pays d'Afrique. Certaines ont été classées beaucoup trop difficiles et coûteuses à conduire en Afrique, surtout pendant les campagnes contre les invasions de ravageurs migrateurs, qui nécessitent des ressources humaines, matérielles et financières substantielles. Cependant, certaines nouvelles recommandations fournies pourraient être incorporées à un plan d'action IPM contre les migrateurs. Pour qu'il soit financièrement autonome, ce plan d'action devrait incorporer les apports majeurs des programmes locaux de lutte contre les ravageurs ou des programmes agricoles conduits dans des pays en voie de développement ou des agences ayant un personnel expérimenté et bien familiarisé avec les invasions locales de ravageurs, les pratiques agricoles, le climat, l'infrastructure, la géographie du pays, les besoins en formation, les mesures incitatives et les ressources. Forte d'une expérience de terrain, la planification faite par l'USAID pourrait intégrer les besoins locaux aux stratégies et tactiques IPM durables et indigènes, y compris les technologies de lutte biologique ayant un potentiel de développement. Il faudrait cependant évaluer la rentabilité des nouvelles technologies, aussi bien que leurs risques potentiels pour l'homme et l'environnement.

38. Il est recommandé d'élaborer des directives détaillées pour que l'USAID puisse promouvoir les approches communes de lutte antiacridienne et d'utilisation en toute sécurité des pesticides au sein des agences des Nations unies et des pays donateurs. La coordination des efforts devient de plus en plus importante en raison de la multiplication et de l'ampleur croissante des accords multilatéraux et du suivi du travail effectué par différents donateurs les années suivantes.

Commentaires et recommandations :

Les organisations établies qui font de la recherche sur la chenille légionnaire d'Afrique et/ou ont des programmes de lutte doivent collaborer entre elles et travailler de façon coordonnée. Celles-ci comprennent les agences gouvernementales nationales et les organisations régionales telles que la DLCO-EA, l'IRLCO-CSA, l'EAAFRO, l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA), le Centre international de physiologie des insectes et d'écologie (ICIPE), de nombreux programmes de donateurs des pays développés (ex. : l'Institut pour les ressources naturelles du Royaume-Uni) et l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. La coordination et la collaboration devraient être facilitées par le parrainage de réunions régionales et grâce aux moyens financiers et à la formation nécessaires à l'amélioration de la communication électronique.

3.6 Références

CABPESTCD, 1989, 1999, 2000 (01-05). CAB International, Wallingford Oxfordshire, UK

Crop Protection Compendium, 1999. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK

Dewhurst, C.F. and W.W. Page, 1992. The African Armyworm: Regional Armyworm. Programme of Desert Locust Control Organization for Eastern Africa. 2nd ed., V4. Desert Locust Control Organization for Eastern Africa, Nairobi, Kenya.

Meinzingen, W.F. (ed.), 1993. A Guide To Migrant Pest Management in Africa, FAO, Rome

Rose, D.J.W., C.F. Dewhurst, and W.W. Page, 2000. The African Armyworm Handbook. Desert Locust Control Organization for Eastern Africa, Nairobi, Kenya

USAID, 1994a. Environmental Impact Assessment of African Armyworm Control in Ethiopia: An Amendment to the Supplemental Environmental Assessment of Locust/Grasshopper Control in Ethiopia, Washington, D.C.

USAID, 1994b. Environmental Impact Assessment of African Armyworm Control in Eritrea: An Amendment to the Supplemental Environmental Assessment of Locust/Grasshopper Control in Eritrea, Washington, D.C.

USAID, 1995. Supplemental Environmental Assessment for USAID Assistance for Locust/Grasshopper and Armyworm Control in Tanzania, Washington, D.C.

USAID, 1997. Supplementary Environmental Assessment for Potential USAID Assistance to Locust/Grasshopper Control Operations in Malawi. Washington, D.C.

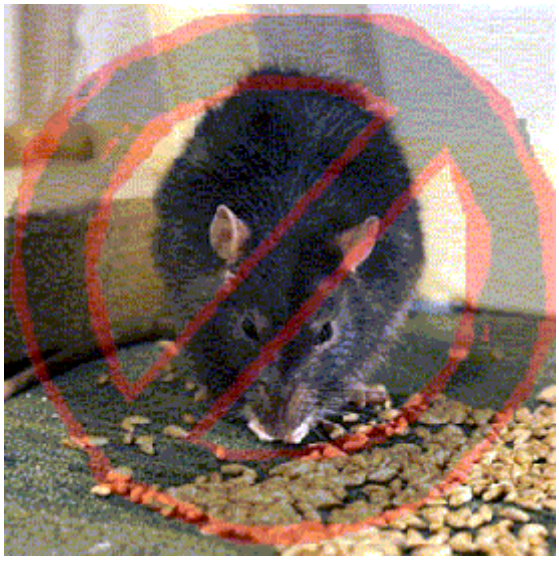
Appendice A : acronymes et abréviations

BHC	*Benzene Hexachloride* [hexachlorocyclohexane (HCH)]
Bt	Bacillus thuringiensis
CFR	*Code of Federal Regulations* [Code des régulations fédérales]
cm	centimètre
DDT	Dichloro diphényle trichloroéthane
DLCO-EA	*Desert Locust Control Organization for Eastern Africa* [Organisation pour la lutte contre le criquet pèlerin en Afrique de l'Est]
EAAFRO	*East African Agriculture and Forestry Research Organization* [Organisation Est-africaine pour la recherche en agriculture et en foresterie]
EU	*European Union* [Union européenne]
FHA	*Food and Humanitarian Assistance* [Aide alimentaire et humanitaire]
ICIPE	*International Center of Insect Physiology and Ecology* [Centre international de physiologie et d'écologie des insectes]
IGR	*Insect Growth Regulators* [Régulateurs de croissance des insectes]
IPM	*Integrated Pest Management* [Lutte intégrée contre les ravageurs]
IRLCO-CSA	*International Red Locust Control Organization for Central and Southern Africa* [Organisation internationale de lutte contre le criquet nomade pour l'Afrique centrale et australe]
m^2	mètre carré
mm	millimètre
MOA	*Ministry of Agriculture* [Ministère de l'Agriculture]
NPV	*Nuclear Polyhedrosis Virus* [Virus polyédriques nucléaires]

OP	Organophosphate
PPE	*Personal Protective Equipment* [Equipement personnel de protection]
SEA	*Supplemental Environmental Assessment* [Evaluation environnementale supplémentaire]
ULV	*Ultra Low Volume* [Volume ultra bas]
UN/EUE	*United Nations/Emergency Unit for Ethiopia* [Cellule d'urgence des Nations unies pour l'Ethiopie]
UN/FAO	*United Nations Food and Agriculture Organization* [Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture]
USAID	*United States Agency for International Development* [Agence des Etat-Unis pour le développement international]
USEPA	*United States Environmental Protection Agency* [Agence des Etat-Unis pour la protection de l'environnement]

Chapitre 4

Evaluation environnementale de la lutte contre les rongeurs ravageurs en Afrique et en Asie



4.1 Introduction et contexte

4.1.1 Introduction

Les rongeurs sont probablement le groupe de mammifères le plus diversifié et le plus capable de s'adapter. Ils constituent le plus grand ordre de mammifères, que ce soit en nombre d'individus ou en espèces décrites. Ils sont omniprésents dans la plupart des régions de la planète et sont très abondants et diversifiés sur tous les continents. Le secret de leur "réussite" réside dans leur grande capacité d'adaptation. Les rats trouvent dans la civilisation humaine un environnement idéal – source abondante de nourriture, d'abri et moyen de transport pratique vers de nouveaux territoires. Dans de nombreux cas, les rongeurs deviennent des ravageurs dans des environnements urbains, agricoles et autres, à travers le monde.

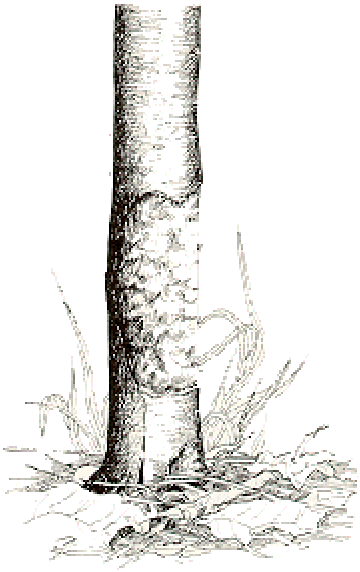
Ce groupe de vertébrés est omniprésent, cause d'immenses dégâts et difficultés d'ordres différents, peut véhiculer des maladies et se trouve là où il y a des humains – autant de raisons pour lesquelles l'homme cherche à les combattre. Ces vertébrés infligent de sévères pertes économiques, représentent une menace pour la santé des hommes ou des animaux domestiques, nuisent aux écosystèmes fragiles ou aux espèces en danger. C'est pourquoi ils sont indésirables. Les types de situations dans lesquelles il y a des dégâts sont variables car les ravageurs vertébrés savent tirer profit de toute situation et ont une vaste gamme d'activités. Les dégâts ne sont pas uniformes, sont souvent saisonniers et difficiles à prédire. Dans certains pays en voie de développement, il y a toujours une grande disparité entre les réserves alimentaires disponibles et les populations humaines. Accroître la production alimentaire pour nourrir toute la population est l'un des défis les plus importants auxquels les humains doivent faire face.

Historiquement, on n'a pas accordé autant d'importance aux difficultés suscités par les ravageurs vertébrés que ceux suscités par les autres ravageurs agricoles. Cela est peut-être dû au fait que l'importance accordée aux aspects économiques des infestations de rongeurs a, en de nombreuses occasions, éclipsé les aspects liés à la santé publique. Les rongeurs représentent un nid important d'organismes infectieux. Si ces derniers sont transmis aux populations humaines ou aux animaux domestiques, ils peuvent causer des maladies à taux élevé de morbidité et même causer des morts. Parmi les maladies inquiétantes transmises par les rongeurs figurent : (1) la leptospirose, (2) la salmonellose, (3) la fièvre du Nil occidental, (4) la fièvre Q et (5) la peste bubonique. Les maladies traditionnelles et émergentes véhiculées par les rongeurs continueront de menacer les humains, qui modifient l'environnement pour améliorer leur qualité de vie.

De nombreux pays en voie de développement vivent en permanence au bord de la famine et ne peuvent se permettre de perdre trop de leurs récoltes à cause des rongeurs. Ces pertes économiques, aussi bien que la menace potentielle de maladies véhiculées par les rongeurs, créent beaucoup d'inquiétude. Le but de cette révision et mise à jour de l'Evaluation environnementale programmatique (PEA) pour la lutte contre les rongeurs en Afrique et en Asie est d'évaluer les méthodes alternatives de lutte et les impacts environnementaux causés par les rongeurs et de fournir des recommandations pour aider l'USAID à traiter ces problèmes.

Les importants dégâts et les problèmes économiques dont les ravageurs sont à l'origine font que l'étude et la lutte relatives à ces rongeurs ont pris une ampleur considérable. Le développement de stratégies intégrées efficaces de lutte contre les ravageurs pour les pays en voie de développement dépendra des projets à long terme de l'USAID tels que l'AELGA [Projet d'aide d'urgence contre les invasions de criquets/sauterelles en Afrique], qui pourrait être renommé à juste titre Projet d'aide d'urgence transfrontalière en Afrique (AETPA). Ce projet a pour objectif de poursuivre les travaux de recherche et de fournir des systèmes simples d'action rapide pour continuer à combattre les rongeurs ravageurs.

Ce document s'intéresse aussi à la biologie et aux espèces spécifiques de rongeurs d'Afrique et d'Asie. Il évalue le potentiel des pesticides les plus efficaces employés dans la lutte contre ces rongeurs. L'utilisation des pesticides est l'un des principaux sujets de préoccupation de ce document ainsi que les raisons de son utilisation, sans oublier leurs effets nuisibles sur l'environnement et la santé humaine.



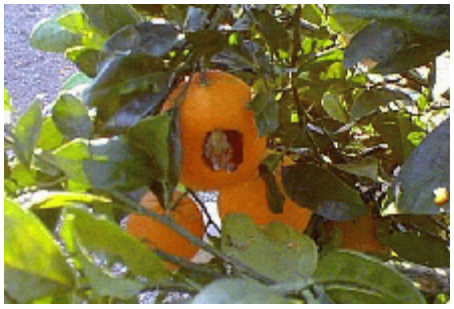
Dommages causés par les rongeurs.

4.1.2 Importance économique des rongeurs en Afrique et en Asie

Trop souvent, la lutte contre les rongeurs est la conséquence de la pression exercée par le public ou la classe politique. On ne semble pas considérer l'impact d'une telle lutte sur la protection des récoltes et les profits économiques (s'il y en a). Il est souvent impossible d'en mesurer les bénéfices, sauf dans le cas où on peut chiffrer les pertes en récoltes dues aux rongeurs et en donner une valeur monétaire spécifique. Sauf dans le cas d'une toute petite exploitation, on ne peut mesurer les dégâts faits sur les cultures qu'en recueillant des échantillons des diverses cultures. Par exemple, les cultures rizicoles peuvent être attaquées par les rats à n'importe quel stade de leur cycle de croissance. Les études montrent que les premiers dégâts causés aux talles entraînent des pertes de récoltes négligeables parce que la croissance compensatoire permet au riz de récupérer complètement de cette attaque. Cependant, les dégâts causés aux cultures rizicoles juste avant la moisson ont pour résultat des pertes de récoltes proportionnelles. Il n'est donc pas évident de prévoir les pertes qui résulteront des dégâts causés à une culture immature.

De plus, les pertes en récoltes sont aussi difficiles à quantifier, partiellement en raison des fluctuations du marché et à cause des difficultés à estimer ce que la récolte aurait été en l'absence des dégâts des rongeurs. La perte en production agricole ne se limite pas seulement à la perte de récolte. Elle comprend également une perte équivalente en intrants tels que les heures de travail, les engrais, les pesticides, l'eau, la moisson et le traitement des produits, qui doivent être pris en compte.

La valeur des dégâts causés par les rongeurs aux produits stockés est généralement supérieure à celle de la seule consommation des denrées. Si les rongeurs peuvent accéder aux installations prévues pour le stockage, il peut alors y avoir des pertes significatives financières et des pertes en marchandises à cause des dégâts physiques causés aux bâtiments. La contamination des produits par les rongeurs peut aussi être significative et le nettoyage est difficile et coûteux. Il est, par conséquent, plus facile de calculer le coût de la lutte contre les rongeurs que la valeur de ses bénéfices. Par contre, dans les pays en voie de développement, les pertes causées dans les cultures mêmes sont préoccupantes. Les pertes qui suivent la récolte et la contamination par des rongeurs commensaux sont à ajouter aux déprédations des champs, cause de préoccupation universelle (Jackson, 1977). C'est surtout dans les pays en voie de développement, où les besoins en grains pour l'alimentation sont souvent critiques, que la mise en oeuvre d'une approche intégrée, peut-être nouvelle, de la lutte contre les rongeurs, spécialement celle relative aux structures de stockage adéquates, est importante. Les dégâts causés par les rongeurs aux cultures et aux structures peuvent être très importants. De plus, dans les pays en voie de développement, les mesures efficaces de lutte peuvent être limitées ou même inexistantes dans certaines situations.



Dégâts causés aux citrus par les rats.

Il faut ajouter à la charge financière des soins médicaux et des mesures préventives contre les maladies transmises par les rongeurs d'Afrique, les effets sur la nutrition humaine résultant des déprédations des rongeurs sur les aliments. On dispose de peu de données économiques chiffrées sur l'ampleur de la malnutrition humaine. Il est cependant évident que la lutte contre les rongeurs en Afrique est nécessaire, que ce soit d'un point de vue sanitaire ou économique.

4.1.3 Historique des initiatives et de la participation de l'USAID à la lutte contre les rongeurs

L'Agence des Etats-Unis pour le développement international (USAID) est une agence fédérale américaine qui met en oeuvre les programmes d'aide économique et humanitaire à l'étranger. Quasiment toutes les cultures vivrières des exploitations agricoles sont susceptibles de subir les dégâts causés par les rongeurs entre la plantation et la consommation. Les opérations agricoles intensifiées et les différents modèles de cultures permettent aux espèces de ravageurs vertébrés de se déplacer d'une aire d'alimentation vers une autre, quand une certaine récolte est ramassée. La totalité des dégâts causés par les vertébrés est estimée à plusieurs centaines de millions de dollars US par an.

Les dégâts dus aux rongeurs se chiffrent annuellement en centaines de millions et peut-être en milliards de dollars US. Sachant cela, depuis 1967, l'USAID soutient un projet de lutte et de recherche sur les rongeurs

vertébrés au sein de l'IPRS (*International Programs Research Section*) du DWRC (*Denver Wildlife Research Center*, connu maintenant sous le nom de *National Wildlife Research Center)*, avec l'accord des services des agences y participant. Les fonds sont fournis au DWRC par les missions et les programmes régionaux de l'USAID, particulièrement le Projet AELGA qui soutient un noyau de spécialistes internationaux des ravageurs vertébrés. Ces spécialistes assurent la mise en oeuvre des accords coopératifs. Le but du programme est d'évaluer les situations afférentes aux ravageurs vertébrés et, quand les circonstances le permettent, de développer des méthodes respectueuses de l'environnement pour réduire les dégâts causés par ces ravageurs. On a pu réaliser cela en jouant un rôle actif pour fournir aux pays demandeurs une aide en matière de lutte contre les ravageurs vertébrés.

Entre 1967 et 1993, les scientifiques du DWRC ont fourni près de 450 services de consultation à l'échelle internationale, à la demande des missions et des projets régionaux de l'USAID. Ces projets de recherche ont été essentiellement financés par l'USAID. Les consultants ont évalué les problèmes causés par les rongeurs, analysé, évalué, dirigé et coordonné des programmes de recherche sur la lutte contre les rongeurs. Ils ont également participé à des ateliers et à des conférences. Ces projets de recherche ont été principalement financés par l'USAID.

La région du Sahel représente près de 20% de l'Afrique et inclut certaines parties du Burkina Faso, du Cap Vert, du Mali, de Mauritanie, du Niger, du Sénégal, du Soudan et du Tchad. Il fut un temps où le Sahel était une des principales zones de production alimentaire pour l'Afrique du Nord, mais maintenant cette région connaît un déficit alimentaire en raison de la sécheresse, de la désertification et de la déprédation des cultures par les ravageurs vertébrés. En 1986, l'USAID a répondu à une demande d'aide de plusieurs nations du Sahel qui avaient décrété l'état de catastrophe nationale en raison des infestations massives de rongeurs. Dans le cadre d'une initiative de coopération, l'USAID continue à financer de nombreux projets de recherche sur les ravageurs vertébrés du continent africain, dans le but de surveiller et d'évaluer les problèmes afférents aux rongeurs.

Ce rapport s'appuie sur des informations obtenues de différentes sources. La plupart des informations proviennent de rapports techniques (ex. : Brooks *et al.*, 1993), de comptes-rendus de conférence (ex. : Quick, 1990, et Dubock, 1984) et de livres et de manuels (ex. : Buckle et Smith, 1994, Brooks *et al.*, 1990, et Ishwar, 1988) qui ont traité de la question des problèmes suscités par les ravageurs vertébrés, spécialement en Afrique.

On a aussi utilisé des ouvrages scientifiques (ex. : Fielder, 1988), des publications de l'USEPA (EPA, 1998) et des documents non publiés (sur Internet). Une attention particulière a été accordée aux informations publiées par L.A. Fielder et J.E. Brooks du DWRC, par le Service d'inspection pour la santé animale et végétale (APHIS), par le ministère Américain de l'agriculture (USDA), qui ont spécialement été impliqués dans la recherche et la lutte contre les rongeurs en Afrique et en Asie. De plus, on a conduit une évaluation environnementale pour les rongeurs à Monserrat, étude résumée dans l'appendice A.

4.2 Infestations de rongeurs : passées, récentes et actuelles

4.2.1 Évaluation des infestations de rongeurs

Des pullulements ou des "infestations" de rongeurs – à l'échelle nationale ou régionale – ont été signalés en Afrique dès 1905. Ces infestations sont listées dans le tableau 1. Les espèces impliquées sont le plus souvent le *Meriones shawi* en Afrique du Nord et le *Praomys natalensis* (le rat plurimammaire) et *l'Arvicanthis niloticus* (le rat muridé) en Afrique subsaharienne.

Bien qu'on ne connaisse aucune culture immunisée contre les rongeurs, les céréales, les grains, les plantes à racines et les plantes à fibres, les légumes et légumineuses, la foresterie, les terres à foin et les produits stockés sont fréquemment attaqués. On estime que les pertes annuelles attribuées aux rongeurs dans les cultures avant et après les récoltes en Afrique, oscillent entre 15 et 25%. Lors d'une année à infestation, certains agriculteurs peuvent perdre jusqu'à 100% de leurs cultures. Normalement, la plupart des pays qui subissent des infestations de rongeurs prennent des mesures pour lutter contre elles. Malheureusement, les mesures de lutte ne commencent que lorsque les premiers signes de dégâts sont observés, ce qui pourrait signifier que des dégâts substantiels ont déjà été infligés aux cultures ou à la production.

Il faut donc développer des stratégies de prévision des dégâts afin de réduire au maximum le coût des mesures de lutte inutiles. Il y a deux types principaux de prévention : la prévention organisationnelle (qui consiste à prévoir à l'avance les fortes densités de rongeurs pour pouvoir prendre à temps les dispositions nécessaires pour limiter les dégâts) ; et la prévention écologique (qui consiste à contrecarrer le développement du nombre de futures infestations).

En prévention organisationnelle, la pluviosité est un facteur clé dans les infestations de rongeurs. Les études ont montré comment les rongeurs peuvent répondre à une bonne saison pluviale et à une excellente croissance de la végétation en prolongeant l'accouplement et en ayant de nombreuses portées – plusieurs générations – sur une courte période de temps. Si les précipitations sont fortes, la basse saison de reproduction génère de fortes densités au début de la saison principale de reproduction. Quand une telle année est suivie d'une autre année humide, les problèmes liés aux rongeurs sont amplifiés. Si les précipitations sont faibles pendant la saison des pluies, les densités seront certainement faibles d'ici la fin de l'année. Les fortes densités résultant des années humides peuvent conduire à des infestations massives de rongeurs, tels que ceux vus au Sahel quand les précipitations ont suivi une sécheresse prolongée dans la région.

La prévention écologique prédit que la lutte contre les rongeurs est plus efficace quand elle est appliquée de façon à affecter la reproduction. Cette approche s'appuie beaucoup plus sur l'utilisation journalière des pesticides et prévient l'établissement de fortes populations, ce qui a pour résultat une diminution immédiate des dégâts.

Tableau 1. Infestations nationales ou régionales de rongeurs rapportés en Afrique

Année	Pays	Espèces
1905	Tunisie	*Meriones shawi*
1907–09	Tunisie	*Meriones shawi*
1920	Ouganda	*Arvicanthis niloticus*
1925–26	Tanzanie	*Praomys natalensis*
1929–30	Algérie	*Meriones shawi*
1929–31	Tunisie	*Meriones shawi*
1930–32	Tanzanie	*Praomys natalensis*
1932	Maroc	*Meriones shawi*
1934	Maroc	*Meriones shawi*
1934–36	Algérie	*Meriones shawi*
1936	Tanzanie	*Praomys natalensis*
1939–41	Maroc	*Meriones shawi*
1949–50	Maroc	*Meriones shawi*
1951–52	Kenya, Tanzanie	*Praomys natalensis, Arvicanthus niloticus*
1952–54	Maroc	*Meriones shawi*
1954	Tunisie	*Meriones shawi*
1955–56	Tanzanie, Ouganda	*Arvicanthus niloticus, Praomys natalensis*
1961	Afrique du Sud	*Praomys* sp.
1962–63	Kenya, Soudan, Tanzanie	*Praomys natalensis, Arvicanthis niloticus, Rhabdomys pumilio*
1963	Afrique du Sud	*Gerbillurus* sp.
1963–64	Maroc	*Meriones shawi*
1966–69	Afrique du Sud, Botswana	*Praomys natalensis, Tatera leucogaster*
1966	Zambie	*Praomys natalensis*
1967	Zimbabwe	*Praomys natalensis*
1968	Kenya	*Arvicanthus niloticus*
1969	Soudan	*Praomys natalensis, Arvicanthis niloticus*
1971	Tanzanie	*Praomys natalensis*
1970–72	Nigeria	*Praomys natalensis, Arvicanthis niloticus*
1975–76*	Soudan	*Praomys natalensis, Arvicanthis niloticus*
1975–76*	Sénégal, Mauritanie, Mali	*Praomys huberti, Praomys erythroleucus, Arvicanthis niloticus, Taterillus* sp.
1975–76*	Sénégal	*Praomys huberti, Arvicanthis niloticus*
1975–76*	Sénégal, Mauritanie, Mali	*Praomys huberti, Praomys erythroleucus, Arvicanthis niloticus, Taterillus* sp.
1975–76*	Nigeria, Niger	*Praomys natalensis, Gerbillus*
1977–78	Kenya	*Arvicanthis niloticus, Praomys natalensis*
1978	Somalie	*Praomys natalensis*

* Une infestation majeure de rongeurs a eu lieu pendant cette période dans la région du Sahel.

4.3 Biologie des rongeurs ravageurs

4.3.1 Reproduction

Il est utile de connaître les variations saisonnières et la reproduction des rongeurs quand on planifie les mesures de lutte. Les rats et les souris ont généralement de forts taux de reproduction, ce qui équilibre leurs faibles taux de survie. Dans la plupart des espèces, le taux de reproduction connaît des fluctuations – faibles pendant certains mois et élevées durant d'autres.

La plupart des femelles des rongeurs atteignent la maturité sexuelle à l'âge de 5 à 9 semaines. Chez la femelle de la plupart des espèces de rongeurs, les chaleurs durent seulement 12 heures tous les 4 à 7 jours. Chez la plupart des espèces de rats et de souris, la femelle peut être en chaleur pendant les premières heures qui suivent la mise bas. Normalement, chez les rats (*Rattus norvegicus*) la période de gestation, ou le temps de la fertilisation à la naissance des petits, dure environ 23 jours ; chez les souris, elle est d'environ 19 jours. En à peu près 3 ou 4 semaines, ils deviennent indépendants et quittent le nid maternel.

Les capacités reproductrices des mammifères varient grandement, comme on le voit dans le tableau 2 ci-dessous. En général, les rongeurs ayant une maturation précoce, une courte période de gestation, de fréquents oestrus et de grandes portées, ont un potentiel d'accroissement considérable.

Tableau 2. Période de gestation et taille de la portée des rongeurs ravageurs

Espèces	Période de gestation (jours)	Taille de la portée
Musaraigne musette	29–31	3–4
Gerbille des Indes	22	2–9
Mérione des déserts d'Inde	28–30	3–9
Mérione de Lybie	28–30	3–4
Millardia meltada	21	3–10
Rat de maison, rat noir	21	3–12
Rat surmulot	21–22	9–10
Souris commune	19	3–8
Rat-bandicoot du Bengale	23	4–18
Nesokia indica	30	3–8

4.3.2 Distribution, écologie et habitat des principales espèces de rongeurs

Les rongeurs sont répartis dans le monde entier. On les trouve dans les champs cultivés, les habitations humaines, les égouts, les magasins d'alimentation, sur le toit des maisons, dans les bateaux, dans les granges et à peu près dans tous les endroits imaginables.

4.3.3 Les rongeurs d'Afrique

Le rat plurimammaire, *Mastomsy natalensis* et le rat muridé *Arvicanthis niloticus,* sont responsables de la majeure partie des dégâts causés aux cultures céréalières en Afrique de l'Ouest, en Afrique de l'Est et dans le sud du Sahara. En Afrique du Nord, les rongeurs du genre *Meriones* sont répandus dans les zones agricoles et plus particulièrement dans les régions sableuses, où ils s'attaquent aux céréales, aux grains, aux légumes, aux arachides (avec lesquels ils se constituent souvent un stock important qu'ils enfouissent dans le sol). Le rat noir *Rattus rattus*, est pratiquement présent partout dans les villes, les villages et même dans les fermes les plus reculées d'Afrique et des autres régions. C'est un rongeur avec lequel il faut compter dans les locaux commerciaux et domestiques. Le rat surmulot *R. norvegicus*, a tendance à se manifester principalement dans les ports et les villes de montagne d'Afrique tropicale, bien qu'il soit davantage présent en Afrique du Nord, où il est considéré comme un rongeur particulièrement gênant. Les ravageurs les plus gênants d'Afrique sont listés dans le tableau 3.

Les rongeurs représentent un gros problème pour les cultures, les stocks de nourriture, les maisons et la santé publique. Différents facteurs écologiques influencent les populations de rongeurs ravageurs : le climat, les types de sol, la végétation et la topographie. Les dégâts causés aux récoltes agricoles peuvent être importants quand les conditions climatiques sont favorables et qu'il y a des cultures susceptibles d'être attaquées. Des saisons sèches et humides bien distinctes permettent d'établir des modèles de prédiction de l'augmentation des populations de rongeurs et des dégâts causés aux cultures.

Le *rattus rattus*.

Tableau 3. Principaux ravageurs vertébrés d'Afrique

Espèces	Dégâts	Zones d'habitat	Région affectée*
Ravageurs courants des céréales			
Rat plurimammaire *(Mastomys natalensis)*	Toutes céréales, coton, arachides, etc.	Forêt de la savane	O, E, S
Rat muridé *(Arvicanthis niloticus*)	La plupart des céréales, canne à sucre, coton	Savane	O, E, vallée du Nil jusqu'en Egypte
Ravageurs agricoles locaux			
Tisserin gendarme *(Ploceus cucullatus*)	Céréales	Forêt, savane	O, S
Moineau espagnol *(Passer hispaniolensis*)	Céréales	Zones cultivées	N
Mériones	Céréales, arachides	Zones sableuses	N
Gerbilles *(Gerbillus, Tatera, Taterillus*)	Céréales, arachides	Semi-désert, savane	O, N, E, S
Rat rayé *(Rhabdomys pumilio)*	Céréales, conifères	Montagnes	E, S
Aulacodes *(Thryonomys swinderianus*)	Riz, maïs, canne à sucre	Forêts	O, E, S
Ravageurs urbains et péri-domestiques			
Moineau domestique *(Passer domesticus)*	Céréales stockées (céréales en cours de maturation au nord)	Zones construites (zones agricoles au nord)	N, O, E, S
Rat noir *(Rattus rattus)*	Produits ramassés et transformés (cultures poussant en Egypte)	Ports, villes, villages, fermes (terres irriguées en Egypte)	N, O, E, S
Rat surmulot *(Rattus norvegicus*)	Produits ramassés et transformés	Ports et villes de haute altitude, toutes les villes du nord	N, O, E, S

* N = nord ;
S = sud ;
E = est ;
O = ouest.

4.4 Alternatives et méthodes de lutte contre les rongeurs

4.4.1 Méthodes chimiques de lutte – Pesticides et autres produits chimiques

Pour lutter contre les rongeurs ou contrôler les dégâts qu'ils causent, on a suggéré, testé ou utilisé de nombreuses méthodes de lutte. Assurer une efficacité raisonnable dans la prévention ou la réduction des dégâts est essentiel pour identifier les bonnes mesures de lutte. Les pesticides enregistrés pour combattre les rats et les souris sont appelés rodenticides.

Il est à remarquer que la politique environnementale de l'USAID exige que tout projet soutenu par l'Agence qui pourrait impliquer l'approvisionnement ou l'utilisation de pesticides soit fait en accord avec les Procédures environnementales de l'USAID pour l'aide à l'étranger, 22 CFR Part 216, section 3(b), aussi connue sous le nom "Rég. 216", et qui inclut un Examen environnemental initial (IEE). L'IEE doit évaluer les risques et bénéfices économiques, sociaux et environnementaux de l'utilisation du pesticide envisagé pour déterminer si une telle utilisation aurait des impacts significatifs sur l'environnement. Les procédures de l'USAID pour les pesticides exigent aussi que tout usage de pesticides soit limité aux produits enregistrés sans restrictions par l'USEPA pour un usage similaire aux Etats-Unis. De plus, les procédures exigent que les facteurs suivants soient pris en considération lors de l'évaluation des impacts des pesticides :

(a) Les statuts d'enregistrement de l'USEPA du pesticide demandé ;
(b) Les raisons de la sélection du pesticide demandé ;
(c) La mesure dans laquelle l'usage du pesticide proposé fait partie d'un programme de lutte intégrée contre les ravageurs ;
(d) La ou les méthodes d'application proposées et la disponibilité du matériel approprié pour l'application du pesticide et du matériel de sécurité ;
(e) Les dangers toxicologiques aigus et à long terme pour les humains ou l'environnement, associés à cette utilisation et les mesures disponibles pour les minimiser ;
(f) L'efficacité du pesticide envisagé pour l'usage prévu ;
(g) La compatibilité du pesticide proposé avec les écosystèmes visés et non visés ;
(h) Les conditions dans lesquelles les pesticides seront utilisés, y compris le climat, la flore, la faune, la géographie, l'hydrologie et les sols ;
(i) La disponibilité et l'efficacité d'autres pesticides ou de méthodes de lutte non chimiques ;
(j) La capacité du pays demandeur à réguler ou contrôler la distribution, le stockage, l'utilisation et l'élimination du pesticide demandé ;
(k) Les dispositions prises pour former les usagers et les applicateurs ; et
(l) Les dispositions prises pour surveiller l'utilisation et l'efficacité du pesticide.

Les tableaux 4, 5 et 6 dressent la liste des pesticides qui ont déjà été utilisés dans des programmes de lutte contre les rongeurs en Afrique. Ces tableaux fournissent les statuts d'enregistrement actuels de l'USEPA et les restrictions d'usage. Le pesticide idéal correspond aux critères suivants :

- bien accepté des espèces ciblées,
- action lente pour faciliter l'acceptation de l'appât empoisonné,
- économique,
- sûr et facile à utiliser,
- très biodégradable dans l'environnement,
- inodore et insipide,
- provoque une mort sans souffrance,
- sans résistance ni immunité chez les rongeurs,
- à effet réversible par un antidote,
- rejeté par les espèces non visées potentiellement vulnérables,
- sans accumulation (toxique) dans l'environnement

Quand on planifie les opérations de lutte contre les rongeurs, outre le fait de considérer les différents facteurs biologiques et écologiques, il est fortement recommandé de sélectionner le bon type de rodenticides. La plupart des rodenticides, selon leur mode d'action, sont administrés sous forme d'appâts empoisonnés, de liquides, de poudres de contact et de gaz toxiques. Quelle que soit la façon dont le rodenticide est appliqué, ses ingrédients actifs sont normalement classés comme suit : (1) composés violents à action aiguë ou rapide, ou (2) composés à action chronique relativement lente (exclusivement les anticoagulants).

4.4.1.1 Produits chimiques violents utilisés pour combattre les rongeurs

Le tableau 4 énumère les produits chimiques violents utilisés comme rodenticides et fournit des informations sur leur enregistrement par l'USEPA et leur utilisation.

a. L'alpha-naphthyl thiourée (ANTU)

Ce composé est une fine poudre gris-bleu, stable, non volatile et insoluble dans l'eau et dans l'huile. Il est inodore et insipide et ne peut être absorbé par voie cutanée. L'ANTU permet de combattre très efficacement et en toute sécurité le rat surmulot. Cependant, les rats noirs et les souris communes sont plus résistants à son action.

b. L'anhydride arsénieux ou arsenic blanc

C'est le plus vieux de tous les poisons et il est toujours utilisé. Il est quasiment insipide, insoluble dans l'eau et très stable dans les appâts. En raison de sa grande toxicité pour l'homme, il ne devrait pas être en vente libre ou utilisé dans des opérations massives de lutte contre les rats.

c. Le carbonate de baryum

Le carbonate de baryum a été utilisé pendant de nombreuses années dans la lutte contre les rongeurs. Il est

toujours utilisé par certains pays dans la lutte urbaine contre les rats. C'est un rodenticide relativement sûr en ce qu'il y a peu d'empoisonnements accidentels lors de son utilisation. Ce n'est pas un produit toxique efficace en raison des grandes quantités qu'il faut utiliser dans les appâts pour tuer les rats. De plus, il peut être facilement détecté.

d. Le bromethalin

Le bromethalin est un composé organique particulier très puissant dont le mode d'action diffère des autres anticoagulants violents et chroniques. Il délivre une dose fatale aux rongeurs en une seule fois, la mort survenant généralement dans les 48 ou 72 heures et d'autres absorptions étant inhibées. Le Bromethalin est un solide cristallin inodore et de couleur jaune pâle/vert. Il est soluble dans de nombreux solvants organiques mais surtout insoluble dans l'eau.

e. Le norbormide

Ce composé est unique en ce qu'il est très peu toxique pour la plupart des animaux domestiques de ferme. C'est le plus sûr des rodenticides mais il est généralement rejeté par les rats. Le norbormide est très spécifique aux surmulots et n'a aucun effet sur les autres espèces de rats et les souris. Il a aussi été démontré que les surmulots étaient capables d'en détecter la présence presque immédiatement, ce qui a pour résultat une mauvaise acceptation de l'appât et une mauvaise application.

f. Le phosphore (Jaune)

Le phosphore jaune est largement utilisé dans les préparations commerciales à usage domestique. Il est relativement efficace, surtout contre le surmulot. Avant le thallium, il était souvent mélangé avec des graines de céréales pour combattre les rongeurs des champs. Il a été remplacé par les anticoagulants pour un usage domestique. Sa vente et son utilisation sont interdites dans certains pays.

g. Le pyuinuron (pyriminal ou vacor)

Ce composé organique est efficace pour lutter contre une importante variété de rongeurs. Il était initialement considéré comme ayant une grande marge de sécurité pour les animaux non ciblés. Il ne provoque pas la répulsion de l'appât mais de récents tests en laboratoire indiquent qu'il pourrait être carcinogène et affecter la production d'insuline chez les humains lors de sa fabrication. Il a donc été retiré du marché mondial pour ce qui est de son utilisation pour combattre les rongeurs.

h. L'urginea maritima rouge

L'urginea maritima rouge est l'un des rodenticides les plus anciens. Il est dérivé du bulbe d'une plante semblable à un oignon. Les poudres et extraits de l'urginea maritima sont surtout utilisés pour lutter contre le surmulot.

i. Le monofluoroacétate de sodium (1080) et le fluoroacétamide (1081)

Ces composés sont des poudres cristallines blanches, stables, très solubles dans l'eau et insipides. Elles sont relativement insolubles dans de nombreux solvants organiques et dans les huiles végétales. Le fluoroacétate de sodium est l'un des rodenticides connus les plus efficaces mais ne devrait être manipulé que par des opérateurs de la lutte contre les rongeurs très bien formés. La plupart de ces composés sont utilisés pour éliminer les rats des bateaux, selon les recommandations de l'Organisation mondiale pour la santé.

j. Le sulfate de strychnine

La préparation, disponible à l'achat, est une poudre blanche ou grisâtre dont le goût est extrêmement amer. Pendant les phases initiales d'exploration, de nombreuses espèces de rongeurs ont appris à distinguer ses effets toxiques et rejettent les appâts à la strychnine lors d'applications répétées.

k. Le sulfate de thallium

Le sulfate de thallium, d'une odeur et d'un goût faible, est un composé stable non organique qui a une solubilité limitée dans l'eau. Il est disponible sous forme de poudre lourde blanche. Le sulfate de thallium est utilisé efficacement pour lutter contre les rongeurs et les prédateurs.

l. Le phosphure de zinc

Le phosphure de zinc est un composé non organique, vendu sous forme de poudre finement divisée, dense, ayant une apparence noire ou gris-noir avec une forte odeur d'ail. Il est soluble dans les acides hydrochlorique et sulfurique dilués. Le phosphure de zinc est relativement stable quand on le conserve au sec et dans des conteneurs hermétiquement scellés. Il est efficace contre les rats des champs et des villes. C'est le rodenticide le plus communément utilisé et qu'on se procurer très facilement**.** Cependant, son utilisation est soumise à des restrictions.

Tableau 4. Produits chimiques violents pour la lutte contre les rongeurs, statuts d'enregistrement auprès de l'USEPA et restrictions d'utilisation.

Rodenticide	Ingrédient actif enregistré	Enregistré pour combattre les rongeurs	Classé à usage restreint	Cause de la restriction
Alpha-naphthyl thiourée (ANTU)	**Non**	**Non**	—	—
Anhydride arsénieux ou arsenic blanc	**Oui**	**Non**	Non	—
Carbonate de baryum	**Non**	**Non**	—	—
Bromethalin	**Oui**	**Oui**	Non	—
Norbormide	**Non**	**Non**	—	—
Phosphore (jaune)	**Non**	**Non**	—	—
Pyuinuron (Pyriminal ou Vacor)	**Non**	**Non**	—	—
Urginea maritima	**Non**	**Non**	—	—
Sulfate de strychnine	**Non**	**Non**	—	—
Monofluoroacétate de sodium (Compound 1080)	**Oui**	**Non**	Oui (toutes préparations)	Toxicité orale aiguë, danger pour les organismes non visés, historique d'utilisation et d'accidents
Sulfate de thallium	**Non**	**Non**	—	—
Phosphure de zinc	**Oui**	**Oui**	Oui (toutes préparations sèches à 60% et plus ; toutes les préparations à appât ; toutes préparations sèches à 10% et plus)	Danger pour les organismes non visés, toxicité orale aiguë, toxicité aiguë par inhalation

4.4.1.2 Anticoagulants

La découverte de l'utilisation des anticoagulants comme rodenticides a été le pas le plus important que l'on ait fait vers la création d'un programme de lutte efficace et sûr contre les ravageurs. Leur mode d'action chronique est la clé de leur succès. Les anticoagulants agissent en interrompant le cycle de la vitamine K dans les microsomes du foie. Les anticoagulants inhibent les enzymes epoxide- réductase et bloquent ainsi le recyclage de la forme active de l'hydroquinone de la vitamine. En bloquant le processus de recyclage,

seule la vitamine K provenant de l'alimentation est disponible et elle se trouve en quantité insuffisante pour maintenir la synthèse des facteurs de coagulation. Avec le temps, ils sont complètement épuisés et une hémorragie fatale survient, provoquant la mort.

Les anticoagulants sont considérés comme sûrs pour une utilisation par les humains parce que l'antidote consiste à combler la perte de vitamine K. Les rodenticides anticoagulants sont des solides (cristaux ou poudres), légèrement solubles dans l'eau et facilement solubles dans l'acétone. En raison de leur structure chimique, tous les rodenticides anticoagulants appartiennent soit à la catégorie des hydroxycourmarines, soit à un groupe qui leur est apparenté, à savoir les indandiones. La première génération d'anticoagulants est généralement efficace contre la plupart des rongeurs, quand elle est utilisée avec un surplus d'appâts, bien qu'il faille peut-être en fournir sur de plus longues périodes. La seconde génération d'anticoagulants a été développée pour une utilisation contre les rongeurs qui résistent aux rodenticides anticoagulants warfarine. Le tableau 5 fait une énumération des anticoagulants utilisés comme rodenticides, des statuts d'enregistrement auprès de l'USEPA et des restrictions d'utilisation (le cas échéant).

a. Le brodifacoum

Le brodifacoum est le plus puissant des anticoagulants de deuxième génération. Il est commercialisé dans plusieurs pays pour lutter contre une large gamme d'espèces de rongeurs, y compris les rongeurs commensaux et les rongeurs des champs. Il est utilisé comme appât sous forme de boulettes pour lutter contre les rongeurs des champs et aussi sous forme d'un bloc de cire dans des conditions humides. Le brodifacoum est le seul anticoagulant qui provoque dans les 24 heures – avec une seule dose – 100% de mortalité chez la plupart des espèces de rongeurs.

b. La bromadiolone

La bromadiolone est très utilisée pour lutter contre les rats et les souris commensaux et des champs dans des situations agricoles. Elle est disponible sous différentes formes : appâts à base de céréales et concentré à base d'huile et de poudres. Elle s'est révélée très efficace contre le *Mastomys natalensis* et la souris *Mus booduga* (Indian Field Mouse).

c. La chlorophacinone

La chlorophacinone est un anticoagulant soluble dans l'huile utilisé dans la lutte contre les rongeurs commensaux et des champs. Le composé est vendu sous les appellations commerciales suivantes : "Razzle" ,"Legit", "Aid0", "Lofoten" et "Drat". Il est disponible sous forme d'appât, de concentré liquide à base d'huile ou de poudre de contact.

d. Le coumachlor (Tomorin)

Le coumachlor a été introduit peu de temps après la warfarine. Il n'est pas efficace contre les espèces de rongeurs résistants à la warfarine. Sa toxicité est très faible. Il est plus efficace à petites doses journalières. Il est surtout utilisé comme poudre de piste et vendu sous l'appellation "Tomorin" et "Ratilan."

e. Le coumatetralyl

Le coumatetralyl est utilisé depuis de nombreuses années – et dans de nombreux pays – pour lutter contre les rongeurs commensaux. Il se présente sous forme d'appât sec, d'appât liquide à base de sel (sodium) et de poudre de piste. Le coumatetralyl est plus efficace quand il est administré en doses journalières consécutives. Il est vendu sous le nom "Racumin."

f. Le difenacoum

Le difenacoum a été le premier de la nouvelle génération des anticoagulants à être commercialisé pour la lutte contre les rongeurs résistants à la warfarine et aux autres composés apparentés. Il est utilisé sous forme de boulettes d'appâts et de blocs de cire. On lui attribue une certaine spécificité pour des espèces de rongeurs et les études révèlent son efficacité dans les champs.

g. La diphacinone

La diphacinone est un vieil anticoagulant, produit et principalement utilisé aux Etats-Unis sous forme d'appât sec ou humide. Il est utilisé pour la lutte contre les rats et contre les campagnols dans les vergers.

h. Le flocoumafen

Le flocoumafen, anticoagulant de seconde génération des plus puissants et des plus efficaces, est utilisé pour combattre les races de rongeurs résistantes aux autres anticoagulants. On les trouve principalement sous forme de briquettes de cire vendues sous le nom commercial "Storm".

i. Le fumarin

Le fumarin est utilisé dans les appâts à la même concentration que la warfarine. Il est considéré comme équivalent à la warfarine en toxicité, pour ce qui est du *R. norvegicus*. Il est légèrement moins efficace pour lutter contre le *M. musculus*. Le fumarin n'est pas efficace contre les rongeurs résistants à la warfarine.

j. La warfarine

La warfarine a été la premier anticoagulant largement utilisé comme rodenticide. Elle a été très efficace dans la lutte contre le *R. norvegicus*. Bien que les rongeurs y aient développé une certaine résistance, entamant ainsi sa popularité, elle est toujours utilisée dans des zones où on n'a pas encore découvert de résistance.

Tableau 5. Rodenticides anticoagulants, statuts d'enregistrement auprès de l'USEPA et restrictions d'utilisation

Rodenticide	Ingrédient actif enregistré	Enregistré pour combattre les rongeurs	Classé à usage restreint	Causes de la restriction
Brodifacoum	Oui	Oui	Oui (0,05 % appâts prêts à l'emploi)	Dangers pour les organismes non visés
Bromadiolone	Oui	Oui	Non	—
Chlorophacinone	Oui	Oui	Oui (poudre de piste et préparations prêtes à l'emploi à 0,2%)	Dangers pour les humains, risque de contamination alimentaire, risque d'inhalation
Coumachlor	Non	Non	—	—
Coumafuryl (Fumarin)	Non	Non	—	—
Coumatetralyl	Non	Non	—	—
Difenacoum	Non	Non	—	—
Diphacinone	Oui	Oui	Oui (poudres)	Dangers pour les humains, risque de contamination alimentaire, risque d'inhalation
Flocoumafen	Non	Non	—	—
Warfarine	Oui	Oui	Non	—

4.4.1.3 Fumigènes

Les fumigènes sont principalement utilisés pour combattre les rongeurs dans des situations où les méthodes conventionnelles telles que les appâts et les poisons de contact ne sont généralement ni efficaces ni pratiques. En général, les sites traités aux fumigènes, tels que les immeubles, les bateaux, les entrepôts, les silos à grains et les terriers de rongeurs sont fermés par des bâches goudronnées ou des couvertures hermétiques au gaz. Les fumigènes sont disponibles sous forme de poudre, de boulettes, de comprimés et conditionnés dans des aérosols cylindriques en métal. Les fumigènes sont généralement dispersés à la cuiller, en utilisant une pompe spéciale ou en utilisant un tuyau pour disperser le fumigène dans les terriers. Toutes les précautions nécessaires doivent être prises quand on utilise cette méthode de lutte et seule une personne formée à cette méthode doit être sollicitée. Les fumigènes utilisés pour lutter contre les rongeurs sont présentés dans le tableau 6.

a. Le cyanure de calcium (cyanure d'hydrogène)

Le cyanure de calcium est le plus souvent utilisé dans des opérations à l'extérieur, telles que pour les terriers des rongeurs. De couleur blanc-grisâtre, il est disponible sous forme de granulés ou de poudre. Les granulés ou la poudre sont dispersés par une pompe spéciale, vendue dans le commerce. Cette pompe permet de traiter les terriers. Le cyanure d'hydrogène est libéré au contact de l'air humide ou du sol. Il est plus léger que l'air. Les gaz s'accumulent dans les parties supérieures du réseau du terrier.

b. Le dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone est occasionnellement utilisé pour enfumer les bâtiments froids de stockage et les stocks de maïs contre les souris communes.

c. Le monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone que les moteurs rejettent peut être utilisé pour tuer les rongeurs dans des terriers extérieurs. On a développé une cartouche de monoxyde de carbone qui contient du nitrate de sodium et du charbon, qui s'est révélée efficace pour lutter contre les rongeurs fouisseurs.

d. La chloropicrine

La chloropicrine – connue sous le nom de gaz lacrymogène – a parfois été utilisée pour chasser les rongeurs des zones de stockage des grains. Une surexposition à la chloropicrine produit d'importantes irritations dans les poumons en plus d'un sévère effet lacrymogène. C'est aussi un puissant irritant cutané.

e. Le phosphure d'hydrogène

Le phosphure d'hydrogène est un gaz incolore, toxique, spontanément inflammable, légèrement plus lourd que l'air, avec une odeur caractéristique d'ail. Egalement connu sous le nom de phosphine, il est utilisé comme fumigène contre les insectes qui infestent les produits stockés. Le gaz est libéré par des tablettes de carbonate d'ammonium et de phosphure d'aluminium fortement compressées.

f. Le bromure de méthyle

Le bromure de méthyle est un gaz inodore, incolore et très toxique. Il est généralement utilisé pour les fumigations contre les ravageurs, surtout à l'intérieur, pour lutter contre les insectes et occasionnellement, contre les rongeurs.

g. Le dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre est un gaz incolore, ininflammable avec une forte odeur suffocante. Il est très irritant pour les yeux et pour les voies respiratoires. Le dioxyde de soufre était utilisé pour enfumer les bateaux infestés de rats. Toutefois, à l'heure actuelle, on l'utilise pour la conservation des fruits et des légumes.

Tableau 6. Fumigènes pour la lutte contre les rongeurs, statuts d'enregistrement auprès de l'USEPA et restrictions d'utilisation

Rodenticide	Ingrédient actif enregistré	Enregistré pour combattre les rongeurs	Classé à usage restreint	Causes de la restriction
Dioxyde de carbone	Oui	Non	Oui (gaz pressurisé)	Toxicité aiguë par inhalation
Monoxyde de carbone	Non	Non	—	—
Chloropicrine	Oui	Oui	Oui (tous usages à plus de 2%)	Toxicité aiguë par inhalation, dangers pour les organismes non visés
Cyanure d'hydrogène (cyanure de calcium)	Non	Non	—	—
Phosphure d'hydrogène (Phosphine)	Oui	Non	Oui	—
Bromure de méthyle	Oui	Oui	Oui (toutes préparations)	Toxicité aiguë et historique d'accidents
Dioxyde de soufre	Oui	Non	Non	—

4.4.2 Méthodes mécaniques de lutte

Le facteur le plus important dans la lutte contre les rongeurs est tout d'abord de reconnaître l'existence du problème. Certaines méthodes de lutte – non chimiques – contre les rongeurs ont été utilisées avec de bons résultats pendant des siècles. Utilisés de la bonne façon, les pièges peuvent s'avérer très efficaces. Pour une lutte appropriée et efficace, les contrôles et les évaluations du bon emplacement des pièges ou du poison devraient être inclus dans le processus de planification. Certaines méthodes plus modernes (ex. : ultrasons, électromagnétisme, attractants, répulsifs et stérilisants chimiques) se sont révélées moins efficaces.

Deux systèmes de

4.4.2.1 Piéges

Piéger les rongeurs est l'une des plus vieilles méthodes de lutte contre les rongeurs. Son succès dépend souvent du choix des appâts. Différents types de pièges peuvent être utilisés : ceux qui tuent l'animal en l'attrapant, comme les tapettes, et les pièges qui l'attrapent vivant. Cette méthode est satisfaisante pour lutter contre les rongeurs sur une zone limitée et donne des indications sur la densité des populations présentes.

4.4.2.2 Appareils électromagnétiques et à ultrasons

Les rongeurs ont une ouïe très fine qui leur permet d'entendre toute une gamme d'ultrasons. Le son qui correspond à une meilleure réponse émet à une fréquence allant de 40 à 90 kilohertz (kHz). La production d'ultrasons chez les rongeurs est associée à différents comportements, dont les comportements de la reproduction et les comportements agressifs. Les sons à haute fréquence à très forte intensité peuvent tuer les rongeurs (en cas de surexposition). Ces appareils sont principalement commercialisés pour un usage dans les bâtiments. Il existe aussi des appareils intéressants qui produisent des vagues électromagnétiques et qui, selon les fabricants, excluent efficacement les rongeurs du champ électromagnétique. Cependant, il n'y a aucune preuve convaincante de l'efficacité de ces appareils.

4.4.2.3 Clôtures électriques

Pendant très longtemps, divers appareils électrocutants de lutte contre les rongeurs sont périodiquement apparus sur le marché. Les clôtures électriques utilisées se sont révélées efficaces quand elles ont été utilisées comme barrières mais coûtent très cher et demandent beaucoup d'entretien. Une simple clôture faite d'une feuille de métal peut aussi servir à protéger le grain stocké en vrac dans les champs.

4.4.2.4 Fumigations et aspersions

Dans les champs, il est possible de chasser les rongeurs de leur trou en utilisant des machines qui soufflent de la fumée ou en les inondant avec de l'eau. Si possible, on devrait utiliser un filet à la sortie du système souterrain pour empêcher les rongeurs de s'échapper. Une autre méthode est celle des *Pitfall* (pièges à eau), faits de terre et de jarres d'eau, enterrés dans le sol à 2 pieds de profondeur pour capturer les rongeurs dans des oueds sur des dunes ou dans les champs en culture. Cela peut être efficace sur une échelle limitée.

4.4.3 Méthodes culturales de lutte

Les méthodes culturales de lutte contre les rongeurs impliquent un changement dans les pratiques agricoles pour en introduire de nouvelles qui pourront éviter ou minimiser les pertes en cultures et les dégâts agricoles dus aux attaques de rongeurs. Des pratiques agricoles saines découragent les invasions de rongeurs et rendent plus facile la détection et la gestion des problèmes quand ils se présentent. L'idée principale consiste à éliminer les zones qui contiennent trop de mauvaises herbes ou d'arbrisseaux pouvant servir de nourriture et d'abri aux populations de rongeurs.

L'intérieur des bâtiments et des installations de stockage ne devrait pas contenir de déchets, comestibles ou non comestibles. Tous les matériaux devraient être correctement stockés et rangés. Quand des grains ou des produits similaires sont renversés, ils devraient être nettoyés immédiatement. Les entrées des

bâtiments et les conteneurs devraient être aussi imperméables que possible aux rongeurs. La plupart des rongeurs rentrent dans les bâtiments par les portes, les fenêtres, les systèmes de ventilation et les toitures mal ajustés et par les trous dans lesquels des tuyaux ou des câbles pénètrent dans le bâtiment. Il faudrait boucher les trous inutiles avec du ciment. Les couvercles de ventilation et les drains devraient être équipés de grillages permanents. Les fenêtres et les portes devraient être bien ajustées à leur seuil et encadrement pour empêcher les rongeurs d'accéder au bâtiment.

Sur les terres arables, il est conseillé d'éliminer les abris potentiels en débarrassant les zones non cultivées des mauvaise herbes, des buissons ou du scrub. La maintenance d'un contrôle efficace des mauvaises herbes pendant la saison de croissance des plantes et une moisson rapide et efficace découragent le développement des invasions de rongeurs. Après la récolte, il est important d'éliminer les restes ou résidus des cultures, par exemple en les brûlant, et de labourer les champs aussitôt que possible pour détruire toute "alimentation" potentielle.

Dans certaines parties du monde, les rongeurs représentent une source d'alimentation. Capturer les rongeurs pour les manger n'est pas une méthode très efficace pour réduire les pertes agricoles ; c'est, cependant, une façon de récupérer une partie de la valeur de l'alimentation détruite par ces ravageurs. Dans de nombreuses cultures, les femmes et les enfants capturent et consomment régulièrement de petits rongeurs. Les rongeurs sont occasionnellement consommés ou utilisés pour des fêtes ou des cérémonies religieuses et des échanges pour certaines initiations. Malgré des recommandations très répandues mais non fondées, le fait de chasser les rats des champs n'est pas un moyen efficace de lutter contre les ravageurs.

4.4.4 Méthodes biologiques de lutte

La lutte biologique contre les rongeurs grâce à des prédateurs naturels est un thème très courant dès qu'on aborde la lutte contre les rongeurs. L'utilisation d'animaux tels que les chats, les chiens et les serpents sont des mesures inefficaces pour la lutte économique contre les rongeurs des champs. Une autre forme de lutte biologique consiste à introduire des maladies fatales aux rongeurs. On a déjà fait de pareilles tentatives avec la bactérie de la salmonellose pour infecter les rongeurs et les tuer par la gastro-entérite. Cela a permis de tuer certains rongeurs mais les populations qui ont survécu ont développé une immunité partielle, puis une immunité totale à la bactérie. Un autre problème est le fait que la maladie pourrait se transmettre aux humains et aux animaux domestiques, par une contamination alimentaire. De plus, certaines méthodes de lutte biologique, impliquant des projets de contrôle de la fertilité des rongeurs, emploient des immunostérilants délivrés par un vecteur de virus. Cela pourrait être une alternative beaucoup plus efficace. Cependant, l'efficacité de ces approches intéressantes reste à prouver.

4.4.5 Lutte intégrée contre les rongeurs ravageurs (IPM)

L'IPM est tout simplement définie comme l'intégration de toute une gamme de pratiques de lutte qui, toutes ensemble, permettent de combattre les espèces de ravageurs plus efficacement que si on les utilisait séparément. C'est une stratégie combinant des techniques de lutte variées, selon les caractéristiques de la culture, sa gestion et les organismes ravageurs, les facteurs environnementaux et, dans certains cas, les différents moyens d'appliquer les mesures. Elle a longtemps été discutée en relation avec la gestion des dégâts causés par les rongeurs mais on a fait peu de recherches de terrain sur l'intégration des méthodes et l'évaluation des programmes. On a développé des définitions beaucoup plus complexes mais celle-ci est encore largement applicable à toutes les situations concernant les ravageurs des plantes, y compris les ravageurs vertébrés. L'IPM a été de plus en plus favorisée comme "alternative" à l'usage de rodenticides chimiques. Il faut toutefois souligner qu'en réalité, les rodenticides utilisés efficacement et de façon sélective restent un élément important des programmes les plus efficaces.

Le développement des approches IPM pour réduire ou prévenir les dégâts causés aux cultures par les rongeurs présente certains problèmes particuliers qui demandent considération. La dynamique générale des populations de rongeurs est bien connue grâce aux études conduites dans les pays tempérés. Toutefois, on dispose de peu de données écologiques de base pour les espèces communes de rongeurs ravageurs dans l'agriculture tropicale. Les rongeurs ont une forte capacité d'adaptation aux changements environnementaux de leur milieu. Aussi est-il essentiel de développer une meilleure compréhension des facteurs écologiques, phénologiques et climatiques spécifiques qui influencent le comportement des populations de rongeurs dans des situations particulières aux cultures. Souvent, les mêmes rongeurs endommagent toute une variété de cultures dans la même zone, passant d'un champ à l'autre, au fur et à mesure que les cultures se développent ou mûrissent. Les mouvements saisonniers des champs en culture aux habitations ou aux structures de stockage sont communes parmi certaines espèces à problèmes. Dans ce cas, des programmes intégrés plus larges, prenant en compte les problèmes locaux de la communauté, seraient plus pratiques qu'une approche orientée spécifiquement vers les cultures.

4.5 Impacts environnementaux des méthodes de lutte contre les rongeurs

4.5.1 Zones affectées par les rongeurs en Afrique et en Asie

En Afrique, les conditions climatiques, l'emplacement géographique et la diversité des habitats ont sérieusement accentué les problèmes attribués aux rongeurs ravageurs. Les registres montrent que des infestations de rongeurs ont périodiquement eu lieu dans certains pays d'Afrique, dont l'Algérie, l'Ethiopie, le Kenya, le Maroc, le Niger, le Sénégal, le Soudan, la Tanzanie et le Tchad. Les pays de la région du Sahel ont particulièrement été touchés par les conditions de grande sécheresse. En Asie, les zones affectées sont situés autour de l'Indonésie, de la Malaisie, des Philippines, de Singapour et de la Thaïlande.

Les rongeurs posent de gros problèmes dans les champs, les magasins d'alimentation, les maisons et menacent la santé publique en Afrique et en Asie. Les cultures de céréales sont l'alimentation préférée de la majorité des rongeurs ravageurs. Les cultures céréalières les plus endommagées par les rongeurs d'Afrique sont le blé, le maïs, le sorgho, le riz, le millet et l'orge. Les cultures de plantes-racines, telles que les patates douces et le manioc, subissent fréquemment des dégâts à cause des rats en Asie et en Afrique. Les dégâts causés sur les petites parcelles de tomates, pommes de terre, haricots, choux et carottes sont très répandus. Le riz est le grain le plus attaqué en Asie. Les rongeurs entravent sérieusement les grandes opérations agricoles et causent de nombreux problèmes aux petits exploitants individuels. A une époque où l'augmentation de la production alimentaire est vitale, on doit encourager la recherche et le développement de méthodes de lutte rentables contre les rongeurs d'Afrique et d'Asie.

4.5.2 Effets des méthodes chimiques de lutte sur les organismes non visés et sur l'environnement

4.5.2.1 Devenir environnemental

En général, tous les rodenticides ont des caractéristiques similaires sur le devenir environnemental, en partie à cause du fait qu'ils sont communément utilisés sous forme d'appâts (souvent placés dans des postes d'appâts). La concentration atmosphérique en rodenticides non-fumigènes ne semble pas augmenter, étant donné que ce sont des anticoagulants à faible volatilité qui sont généralement utilisés comme appâts. De même, la probabilité que des rodenticides atteignent l'eau souterraine est faible, en raison de leur solubilité relativement faible dans l'eau et de leur immobilité dans le sol. On ne s'attend pas à trouver de résidus dans les plantes alimentaires parce que les rodenticides sont appliqués sur des sites judicieusement choisis et sous forme d'appâts faiblement concentrés, à la différence des produits conventionnels de protection des cultures, qui sont généralement appliqués sur de grandes surfaces.

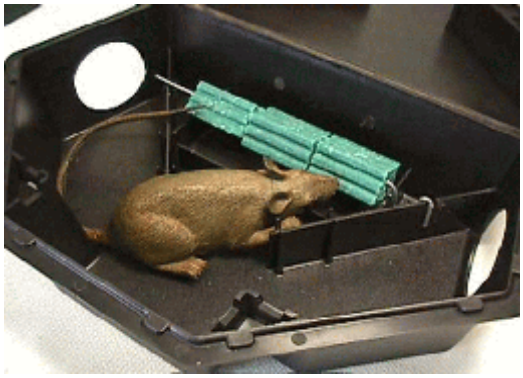
Cependant, les rodenticides sont très toxiques pour les oiseaux, les animaux domestiques et les mammifères. Les petites boulettes et les appâts sous forme de céréales entières peuvent attirer les oiseaux et les vertébrés non visés, y compris les poulets. Les préparations de rodenticide sous forme de blocs de cire font diminuer le risque d'empoisonnement direct d'espèces non visées. La toxicité vis-à-vis des organismes aquatiques varie de modérée à très élevée.

En plus de la toxicité directe, les rodenticides peuvent aussi représenter un danger de niveau secondaire (indirect) pour les prédateurs qui se nourriraient de rongeurs empoisonnés. Certains rodenticides ne persistent pas dans les tissus de l'animal et il faudrait qu'ils soient consommés sur une période de plusieurs jours pour causer la mort. D'autres rodenticides sont plus persistants et une dose unique peut créer un grand risque quand des rongeurs, ou d'autres animaux, empoisonnés sont consommés.

4.5.2.2 Questions liées à la santé et à la sécurité humaines

On utilise, dans les habitations humaines, des rodenticides pour combattre les rongeurs. C'est pourquoi, les rodenticides représentent un risque sanitaire et menacent la sécurité humaine. L'USEPA a récemment proposé une approche pour minimiser l'exposition aux rodenticides, surtout pour les enfants et les bébés. Dans le cadre de cette approche les rodenticides doivent comprendre une couleur indicatrice qui permet de déterminer si un enfant, un animal de compagnie ou un animal domestique en a consommé. De plus, un agent amer doit être incorporé à la préparation pour la rendre moins susceptible d'être consommée par un enfant.

Les rodenticides anticoagulants sont facilement absorbés par voie gastro-intestinale, par la peau et le système respiratoire. Une exposition aux pesticides peut se produire lors de la manipulation, de la préparation et de l'application des appâts. Les risques d'expositions dermiques sont un souci particulier pour les manipulateurs pendant le chargement et l'application de ces produits chimiques. D'après les modes d'emplois et les risques d'exposition, les activités les plus susceptibles d'exposer les humains aux rodenticides sont les activités consistant à :



Poste d'appât.

- placer les appâts,
- remplir les boîtes d'appâts ou les postes d'appâts avec des appâts sous forme de nourriture, de grains, de boulettes en provenance de grands conteneurs,
- casser les blocs de paraffine en morceaux et les placer dans les postes d'appâts,
- placer correctement les gros blocs de paraffine dans les postes d'appâts,
- appliquer les appâts à la main et
- appliquer des boulettes d'appâts lors de traitements prévus ou utiliser des diffuseurs au sol.

Les signes d'un empoisonnement aux anticoagulants pour toutes les espèces, y compris les humains, sont associés à une tendance accrue à saigner. Puisqu'on connaît le mode d'action des rodenticides anticoagulants, la vitamine K est un antidote efficace et pour tous les cas d'empoisonnement – volontaire ou involontaire. Une formation pour une manipulation et une application sûres des rodenticides est essentielle et même capitale pour le personnel qui va les utiliser. L'utilisation de vêtements protecteurs doit être encouragée et appliquée.

4.6 Conclusions et recommandations

Cette section de la PEA révisée fournit des informations sur l'importance économique, les impacts sur la santé humaine et les pertes en récoltes attribuées aux rongeurs ravageurs. On y décrit les différentes mesures préventives et les différents moyens de lutte possibles aussi bien que les impacts écologiques de ces solutions. Les actions entreprises dans le passé par l'USAID – recherche, prévention et lutte contre les rongeurs en Afrique et en Asie – y sont résumés. Des recommandations appropriées sont fournies à l'USAID pour ce qui est de ces ravageurs notoires.

Bien que de nombreux pays en voie de développement vivent constamment à la limite de la famine et ne puissent pas se permettre de perdre une partie de leurs récoltes (à cause des maladies et des ravageurs, dont les rongeurs) les pertes de cultures et les risques de maladies véhiculées par les rongeurs n'ont pas reçu autant d'attention que les pertes causées par d'autres ravageurs agricoles. Une des raisons en est que les aspects économiques des invasions de rongeurs ont été bien souvent éclipsés par les questions sanitaires qui leur sont associées. Il est notoire que les rongeurs sont des réservoirs pour différents types de maladies infectieuses qui peuvent être transmises à l'homme, telles que, (1) la leptospirose, (2) la salmonellose, (3) la fièvre du Nil occidental, (4) la fièvre Q et (5) la peste Bubonique. Les maladies traditionnelles et émergentes véhiculées par les rongeurs continueront à menacer les humains, qui modifient l'environnement dans le but d'améliorer leur qualité de vie.

Les dégâts physiques causés par les rongeurs ne se limitent pas aux produits stockés qu'ils consomment. La contamination des produits peut aussi être significative. C'est surtout dans les pays en développement, où le besoin en grains est souvent critique, que la mise en oeuvre d'une approche intégrée, peut-être nouvelle, de la lutte contre les rongeurs, surtout en rapport avec les structures de stockage adaptées, est importante. A la différence des pays développés, les dégâts causés par les rongeurs aux cultures et aux structures sont très importants dans les pays en voie de développement, pays où les mesures de lutte efficaces sont souvent limitées ou tout simplement inexistantes.

Comme pour les autres ravageurs transfrontaliers, la lutte d'urgence contre les rongeurs est fréquemment menée en réponse à une pression exercée par le public ou les structures politiques, sans que l'on tienne compte de la contribution ainsi faite à la protection des cultures ou aux bénéfices économiques, si l'on parvient à en réaliser. Souvent, les bénéfices ne peuvent être évalués, sauf si l'on peut quantifier les pertes en récoltes dues aux rongeurs et leur donner une valeur monétaire précise. On peut mesurer ces dégâts – quand ils n'ont pas lieu à trop petite échelle – en prélevant des échantillons dans les différentes cultures. Cependant, les pertes en production agricole, comprenant la perte en intrants tels que le travail fourni, les engrais, les rodenticides, l'eau, la récolte et le traitement, ne doivent pas être oubliées.

L'aide que l'USAID apporte aux activités de lutte contre les rongeurs ravageurs et aux activités de recherche dans de nombreux pays africains est significative et cruciale. Sans un tel soutien, nombre de ces pays continueraient de subir d'importantes pertes dues aux invasions de rongeurs et les risques qui leur sont

associés. Etant donné l'impact des rongeurs sur l'économie et la santé humaine, il est recommandé à l'USAID de continuer à aider les pays hôtes en leur fournissant une aide technique pour renforcer leurs capacités à prévenir et à contrôler les infestations de rongeurs, ainsi qu'à prévenir les dégâts dans les cultures, les pertes économiques et les risques pour la santé humaine associés aux invasions de rongeurs.

4.7 Références

Benigno, E.A. and F.F. Sanchez. 1984. Rodent Problems in the Association of Southeast Asian Nations, Proceedings of a Conference on the Organization and Practice of Vertebrate Pest Control. Imperial Chemical Industries, p.37-48.

Brooks, J.E., E. Ahmad, I. Hussain, S. Munir, and A.A. Khan. 1990. A Training Manual on Vertebrate Pest Management. GOP/USAID/DWRC Vertebrate Pest Control Project.

Brooks, J.E., Bruggers, R.L., and Harris, M.A. 1992-1993. Vertebrate Damage Control Research in Agriculture. Annual Progress Report. Fiscal Years 1992 and 1993. Denver Wildlife Research Center/Agency for International Development.

Brooks, J.E., E. Ahmad, and I. Hussain, 1994. Reproductive biology and population structure of Rattus rattus in Rawalpindi, Pakistan.

Buckle, A.P. and Smith, R.H. 1994. Rodent Pests and Their control. Wallingford, Oxon, UK. CAB International 405 pp.

Dubock, A.C. 1984. Economic Benefits of Vertebrate Pest Control, Proceedings of a conference on the Organization and Practice of Vertebrate Pest Control. Imperial Chemical Industries, p.315-326.

EPA, 1998. Rodenticide Cluster. R.E.D. Fects. EPA-738-F-98-004. July, 1998.

International Programme on Chemical Safety. 1995. Environmental Health Criteria 175. Anticoagulant Rodenticides. Geneva, World Health Organization.

Ishwar, P. I. 1988. Rodent Pest Management. Professor of Eminence. Coordination and Monitoring Center for Rodent Research and Training. Central Arid Zone Research Institute. Jodhpur, Rajasthan, India.

Fiedler, L.A. 1998. Rodent Pest Problems and Management in Eastern Africa. FAO Plant Protection Bulletin Vol 36(3): 125-134.

Fielder, L. A 1988. Rodent Problems in Africa. FAO Technical Publication, pages 35-65

Fielder, L.A 1990. Rodents as a Food Source. Proc. 14th Vertebrate Pest Conference. University of California, Davis.

Fielder, L.A. and G.K. Lavoie. 1992 Solving Rodent Pest Problems in the Sahel. 1'Institut du Sahel, ed., La Lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel. Denver Wildlife Research Center. Pages 349-353.

Quick, G.R. 1990. Rodents and Rice. Report and Proceedings of an Expert Panel Meeting on Rice Rodent Control. Los Banos, Sept. 10-14, 1990 International Rice Research Institute, Philippines.

Taylor, K.D. 1984. Vertebrate Pest Problems in Africa, Proceedings of a conference on the Organization and Practice of Vertebrate Pest Control. Imperial Chemical Industries, p.21-28.

4.8 Appendice A

Résumé de l'évaluation environnementale des rongeurs de Montserrat

Une évaluation environnementale (EA) pour la lutte contre les rongeurs a été conduite du 14 au 25 juin 1985 à Montserrat, petite île des Caraïbes. Ce projet et ces recherches ont été conduits en coopération avec le gouvernement de Montserrat, l'Agence des Etats-Unis pour le développement international (USAID) et le *U.S. Fish and Wildlife Service* (FWS) et l'assistance du *Denver Wildlife Research Center*. Le but du projet était de réduire les pertes alimentaires – avant et après la récolte – et les risques de transmission de maladies par les rongeurs. L'EA a dû s'occuper de l'identification, de la mesure, de l'interprétation et de la communication des impacts à l'USAID et à leurs homologues des pays hôtes.

L'action proposée aurait un effet positif sur l'environnement en débarrassant le pays des ravages d'une population de rongeurs incontrôlée et éliminerait la propagation des maladies des rongeurs, moyen par lequel les rongeurs menacent des vies humaines et animales. Un programme réussi de lutte contre les rongeurs devrait indirectement créer des opportunités d'emplois agricoles et faire baisser les pertes, en diminuant la population de rongeurs. Montserrat serait en position de faire baisser les frais d'importation, d'améliorer sa capacité à faire du commerce et d'en faire bénéficier toute l'économie du pays.

Toutes les zones urbaines et agricoles de Montserrat sont touchées par les rongeurs ravageurs. Les quatre espèces de rongeurs qu'on trouve à Montserrat sont : *Rattus rattus, R. norvegicus, Mus musculus,* et *Dasyprocta leporina*. Les trois premières sont les principales espèces à créer une certaine inquiétude. On ne sait pas encore si elles représentent une menace pour une quelconque espèce en voie de disparition. Depuis plusieurs années, les agriculteurs de Montserrat se plaignent d'importantes pertes de cultures – pertes attribuées aux rongeurs. Le gouvernement, s'étant entretenu avec les agriculteurs, estime que ces dégâts représentent au moins 30% du potentiel de récolte, surtout pour les cacahuètes, les patates douces et le maïs. Plusieurs autres cultures ont été touchées, parmi lesquelles les mangues, les ananas et les oranges en maturation. Dans certains cas, l'importance des dégâts a fait que les agriculteurs ont choisi de ne pas faire pousser certaines cultures telles que les cacahuètes. On rapporte également une importante quantité, indéterminée, de pertes de récoltes stockées et traitées. Ces pertes ont lieu dans les fermes et les entrepôts. Les agriculteurs seraient les premiers bénéficiaires de la réduction des pertes alimentaires mais la population toute entière profiterait de la réduction des importations de nourriture et d'une augmentation des exportations de cacahuètes.

En mai 1983, le premier cas humain de leptospirose, une infection bactérienne transmise aux humains par l'urine de rongeurs, a été diagnostiqué chez un Montserratien. Ce dernier a été envoyé à Barbade pour y recevoir un traitement. Plusieurs porcs et chèvres ont été testés positifs pour les anticorps de la leptospirose autour de la résidence de la personne affectée. Cela a attisé l'intérêt du public pour la lutte contre les rongeurs urbains.

Les sous-projets de la lutte contre les rongeurs de Montserrat nécessitaient (1) une formation, (2) l'utilisation de rodenticides et (3) des pratiques culturales pour réduire l'habitat des ravageurs. La formation devait être conduite par un consultant expérimenté dans la lutte contre les rongeurs tropicaux, sur une période deux mois. Il dispenserait des formations et des conseils et fournirait son assistance pour démarrer et mettre en oeuvre le sous-projet. Pour réduire les risques d'utilisation des rodenticides pour l'environnement, on a fait les recommandations suivantes : (1) réduire la zone de lutte contre les rongeurs ravageurs, initialement de la taille de l'île, à l'intérieur et aux alentours des bâtiments et aux zones principales de production agricole ; (2) utiliser seulement les rodenticides enregistrés (USEPA) ou approuvés par l'Etat ; (3) utiliser des postes d'appâts inviolables (résistants) pour y appliquer des appâts de brodifacoum en blocs de cire dans et autour des bâtiments ; et (4) fournir les services (à court terme) d'un consultant pour aider à la formation ; conseiller dans la mise en oeuvre des activités de lutte contre les rongeurs ; faire démarrer les activités de surveillance prévues pour évaluer l'efficacité de la lutte ; et conduire des recherches limitées pour améliorer les procédures de lutte et surveiller les impacts écologiques. Ces facteurs d'atténuation ont été conçus pour réduire les risques environnementaux et pour améliorer la rentabilité pendant, et bien après, la durée du sous-projet.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce rapport souhaitent manifester leur sincère reconnaissance au Dr Yeneneh T. Belayneh, Conseiller technique senior pour l'USAID/AFR/SD/CMR, qui a joué un rôle prépondérant en leur fournissant une direction technique, des commentaires réfléchis, des suggestions et des informations précieuses tout au long du processus de révision.

Les auteurs remercient infiniment les docteurs Carl Gallegos, Walter Knausenberger, Joseph Vorgetts, Bob Hedlund, et Paul Des Rosiers de l'USAID ; mesdames Jude Andreasen, Nancy Fitzgerald ; docteurs Janice Jensen, Douglas Sutherland, Brian de l'USEPA ; docteur Alemayehu Wodangeneh de la FAO ; docteur James Everts de Ceres-Locustox, au Sénégal, à Dakar ; docteurs Lynwood Fiedler, Richard Bruggers et Gary Witmer de l'Institut national de recherche sur la vie sauvage de l'USDA/APHIS, pour les informations de grande valeur qu'ils nous ont fournies et pour leurs nombreux commentaires et suggestions. Le soutien et l'aide sans réserve offerts aux auteurs par le personnel de l'USDA/APHIS du bureau de Riverdale ont été grandement appréciés.

La traduction en langue française a été réalisée par Reza V. Shams. Pour toute question, veuillez envoyer un message à l'une des deux adresses électroniques suivantes : rshams@afr-sd.org ou rezavshams@yahoo.fr.

Cette révision de la PEA pour les luttes d'urgence en cas de pullulement transfrontalier de ravageurs a été préparée avec le concours des personnes suivantes :

Dr Charles L. Brown	Responsable de projet/ Programme Criquet de USDA APHIS
Dr Robert I. Rose	Entomologiste, toxicologue
M. Kenneth Dial	Spécialiste en protection environnementale
Mlle Elizabeth Nelson	Biologiste
Dr David A. Bergsten	Toxicologue, entomologiste
Mme Stéphanie Stephens	Spécialiste dans l'enregistrement des produits chimiques
Mme Kelly White	Spécialiste en pesticides
Mme Margaret Huggins	Spécialiste pour les contrats
Mme Betsey Patterson	Correctrice, rédaction du rapport
M. Reza V. Shams	Traduction en langue française

Pour tout complément d'information, veuillez contacter :

Dr Yene T. Belayneh
Conseiller technique Senior et Chef d'équipe
USAID/AFR/SD/CMR - AELGA
1325 G Street NW, Suite 400,
Washington, D.C. 20005
Tél. : 202-661-9374
Fax : 202-347-0315
E-mail : ybelayneh@ofda.net